

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
Escola de Engenharia
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil

**Proposta de método de controle integrado entre produção e
qualidade com mensuração de perdas por *making-do* e pacotes
informais**

Marcus Costa Tenório Fireman

Porto Alegre
2012

MARCUS COSTA TENÓRIO FIREMAN

**PROPOSTA DE MÉTODO DE CONTROLE INTEGRADO
ENTRE PRODUÇÃO E QUALIDADE COM MENSURAÇÃO
DE PERDAS POR *MAKING-DO* E PACOTES INFORMAIS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do título de mestre em Engenharia

Porto Alegre
2012

CIP - Catalogação na Publicação

Fireman, Marcus Costa Tenório
Proposta de método de controle integrado entre
produção e qualidade com mensuração de perdas por
making-do e pacotes informais / Marcus Costa Tenório
Fireman. -- 2012.
179 f.

Orientador: Carlos Torres Formoso.
Coorientador: Eduardo Luís Isatto.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do
Rio Grande do Sul, Escola de Engenharia, Programa de
Pós-Graduação em Engenharia Civil, Porto Alegre, BR-
RS, 2012.

1. Medição de perdas. 2. making-do. 3. pacotes
informais. 4. controle integrado da produção. 5.
retrabalho. I. Formoso, Carlos Torres, orient. II.
Isatto, Eduardo Luís, coorient. III. Título.

MARCUS COSTA TENÓRIO FIREMAN

**PROPOSTA DE MÉTODO DE CONTROLE INTEGRADO
ENTRE PRODUÇÃO E QUALIDADE COM MENSURAÇÃO
DE PERDAS POR *MAKING-DO* E PACOTES INFORMAIS**

Esta dissertação de mestrado foi julgada adequada para a obtenção do título de MESTRE EM ENGENHARIA, Área de Construção, e aprovada em sua forma final pelo professor orientador e pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Porto Alegre, Dezembro, 2012

Prof. Carlos Torres Formoso
PhD. pela Universidade de Salford / UK

Orientador

Prof. Eduardo Luís Isatto
Dr. pela Universidade Federal do Rio Grande
do Sul

co-orientador

Prof. Luiz Carlos Pinto da Silva Filho
Coordenador do PPGEC/UFRGS

BANCA EXAMINADORA

Prof. Tarcísio Abreu Saurin (Universidade Federal do Rio Grande do Sul)
Doutor pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Prof^a. Fernanda Aranha Saffaro (Universidade Estadual de Londrina)
Doutora pela Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Marcelo Menna Barreto Azambuja (Southern Illinois University Edwardsville)
PhD pela University of Texas, Austin

Aos meus pais Davis e Maria Júlia e a minha esposa Tamara
por todo amor, carinho, apoio e exemplo de superação.

AGRADECIMENTOS

Aos meus irmãos, Davi e Natália, por sempre estarem presentes na minha vida, a todo apoio e confiança que sempre depositaram em mim, aos vários conselhos que me ajudaram a amadurecer, e ao amor incondicional.

A todos os meus familiares, em especial para vovó Fila, tia Ester, tia Inez, tio Chico, tio Mané, tio João, meus primos Pedro, Rafael, Jorge, Fernando, Victor, meu cunhado Kleber, minhas primas Mariana, Christiane, Larissa, Luane e Priscila, e todos os outros tios, primos que sempre torceram por mim e sempre me incentivaram a lutar pelos meus objetivos.

Ao meu orientador Carlos Torres Formoso, pela oportunidade de ser um Noriano, por toda paciência para tirar dúvidas, e pelas críticas que contribuíram para essa dissertação e que me fizeram amadurecer profissionalmente.

Ao meu Co-orientador Eduardo Luis Isatto, por toda a participação e apoio nos estudos de caso, bem como as críticas e diálogos que me ajudaram a escrever a dissertação.

Aos meus amigos Norianos, em especial para Bruno, Daniela, Dani Tubino, Marcelle, Amanda, Santiago, Clarissa, Fabiana, Abraão, Eugênio, Diana, Rafael, Letícia, Juliana, Luciana e todos os outros que não mencionei, mas que sempre estiveram presentes quando precisei, nas alegrias e nos momentos difíceis.

Aos Bolsistas Rafael, Kauê, Gabi, Fabi e Mariana Stivanin, por toda participação e ajuda na coleta e processamento de dados.

A amiga Adriana de Oliveira Santos, e ao meu tutor de PET professor Roberaldo Carvalho de Souza, os quais foram importantíssimos no longo caminho de graduação e da minha vida pessoal.

Aos meus irmãos petianos, Manuella, Davyd, Artur, Gabriela, Alline, Maria Elisa, Artur, Denys, Rafael, Pedro, Rosane, Celso e Ingrid, os quais sempre torceram e estiveram ao meu lado.

Aos amigos faculdade Marlos, Guilherme, Gustavo, Victor, Jayme, Fred, Mineiro, Paulo, Paulo Rogenes, Daniel e Rafael Cavalcanti, as amigas arquitetas, Priscila, Marcelle, Mariana e Mariana Fiuza, e aos amigos de colégio José Pontes, Johnny, Marcelo, Davi, Vito e Renata, os quais sempre estiverem presentes nas alegrias e dificuldades passadas durante ensino médio, graduação e no mestrado.

Aos engenheiros Gustavo, Leandro, Georgio, Fernanda, Deivisson, e Renato, que possibilitaram a realização dos estudos de caso.

Aos amigos e companheiros de trabalho da empresa Medabil, por compreenderem toda dificuldade envolvida nesse momento tão importante.

A CNPQ, pelo auxílio financeiro fornecido durante a realização de todo mestrado.

A Universidade Federal do Rio Grande do Sul e ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, por toda infraestrutura.

A todos aqueles que, embora não citados, contribuíram para meu amadurecimento, e para alcançar esse objetivo.

Abra os olhos, levante-se e vá à luta.

(FELIPE LORENA)

RESUMO

FIREMAN, Marcus Costa Tenório. **Proposta de método de controle integrado entre produção e qualidade com mensuração de perdas por *making-do* e pacotes informais.** 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre.

O controle de perdas tem sido apontado como uma das principais estratégias para melhoria do desempenho e para redução de custos de sistemas de produção. Entretanto, apesar de sua importância, este é um tema pouco abordado na literatura sobre gestão da construção, principalmente no que se refere a sistemas de controle da produção. Alguns estudos recentes chamaram a atenção para a existência de uma perda típica do setor, denominada de *making-do*, a qual pode ser definida como a redução de desempenho do sistema produtivo devido à execução de atividades em condições sub-ótimas. Este tipo de perda ainda tem sido apontada como uma das causas fundamentais de problemas da qualidade, e de outras perdas, tais como retrabalho e trabalho em progresso. Falhas na análise de restrições realizadas no planejamento de médio prazo têm sido apontadas como a principal razão para o surgimento de perdas por *making-do*, pois na ausência dos requisitos necessários para execução das atividades normalmente as equipes realizam improvisações, que podem afetar o desempenho da produção. O presente trabalho propõe um método de controle integrado produção e qualidade que permita mensurar perdas por *making-do* e também a ocorrência de pacotes de trabalho informais. Este método está dividido em três módulos: (a) identificação de perdas por *making-do*; (b) identificação de pacotes informais; e (c) controle integrado produção e qualidade. O desenvolvimento da pesquisa foi dividido nas seguintes etapas: (a) compreensão do problema; (b) estruturação do método; (c) consolidação do método; (d) avaliação dos resultados e proposição do método final. Como principais contribuições do trabalho, além do próprio método proposto, o estudo propõe uma conceitualização de perdas por *making-do*, retrabalho e falta de terminalidade. Ainda, os resultados demonstram a existência de uma forte relação entre as perdas por *making-do*, a execução de pacotes informais e o aumento do trabalho em progresso.

Palavras-chave: medição de perdas; *making-do*; pacotes informais; controle integrado da produção; retrabalho;

ABSTRACT

FIREMAN, Marcus Costa Tenorio. **Proposta de método de controle integrado entre produção e qualidade com mensuração de perdas por *making-do* e pacotes informais.** 2012. Dissertation (Master in Civil Engineering) - Graduate Program in Civil Engineering, UFRGS, Porto Alegre.

Waste control has been pointed out as one of the key strategies for improving the performance and reducing costs of production systems. However, despite its importance, this is a topic poorly discussed in the construction management literature, especially in relation to production control systems. Some recent studies have called the attention for a type of waste that is typical of the construction sector, named *making-do*, which can be defined as a loss in performance due to the execution of activities in sub-optimal conditions. It has been suggested that this type of waste is one of the root causes of quality failures, and also of other types of waste, such as rework and work in progress. Failures in constraint analysis at the medium term planning level have been pointed out a major cause of *making-do* waste, as the crews tend to improvise when faced with the lack of prerequisites for the execution of tasks, which may affect the production performance. This research work proposes a method for integrated production and quality control, which enables the measurement *making-do* waste and also the occurrence of informal work packages. This method is divided into three modules: (a) identification of *making-do* waste; (b) identification of informal work packages; and (c) integrated and production and quality control. The development of this research work was divided into the following stages: (a) understanding the problem; (b) structuring the method; (c) consolidating the method; (d) evaluation of results and proposition of the final version of the method. As main contributions, besides the integrated control method, this investigation proposes a conceptualization for three categories of waste: *making-do*, rework, and unfinished work. Moreover, the results indicate that there is a strong relationship *making-do* waste, the execution of informal packages and the increase of work in progress.

Keywords: waste measurement; *making-do*; informal packages; rework; integrated production control.

SUMÁRIO

SUMÁRIO.....	X
LISTAS DE FIGURAS.....	XIII
LISTAS DE SIGLAS	XVI
1. INTRODUÇÃO	17
1.1. JUSTIFICATIVA.....	17
1.2. PROBLEMA DE PESQUISA.....	19
1.3. QUESTÕES DE PESQUISA	21
1.4. OBJETIVOS	22
1.5. DELIMITAÇÃO.....	22
1.6. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO.....	23
2. PERDAS.....	24
2.1. O CONCEITO DE PERDAS NO SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO.....	24
2.2. ESFORÇOS PARA MEDIR PERDAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	28
2.2.1. Trabalho em progresso	29
2.2.2. Retrabalho.....	31
2.3. PERDA POR <i>MAKING-DO</i>	33
2.4. IMPROVISAZÃO.....	35
2.4.1. As dimensões da improvisação	36
2.4.2. Improvisação e a aprendizagem organizacional.....	37
2.5. RELAÇÃO ENTRE <i>MAKING-DO</i> E IMPROVISAZÃO.....	38
2.6. MÉTODO PARA IDENTIFICAÇÃO DE PERDAS POR <i>MAKING-DO</i>	39
3. CONTROLE DA PRODUÇÃO	43
3.1. VISÃO TRADICIONAL DE CONTROLE.....	43
3.2. SISTEMA <i>LAST PLANNER</i> DE CONTROLE DA PRODUÇÃO	45
3.2.1. Controle da unidade de produção.....	46
3.2.2. Controle do fluxo de trabalho	48
3.3. LIMITAÇÕES NA APLICAÇÃO DO SISTEMA <i>LAST PLANNER</i>	49
3.3.1. Falha na identificação de restrições	49
3.3.2. Informalidade do planejamento e controle da produção	50
3.3.3. Integração com o controle da qualidade	51

4. MÉTODO DE PESQUISA	53
4.1. ESTRATÉGIA DE PESQUISA.....	53
4.2. DELINEAMENTO	54
4.3. FONTES DE EVIDÊNCIA	57
4.3.1. Observações	58
4.3.2. Registro de imagens	58
4.3.3. Entrevistas.....	58
4.3.4. Análise de documentos	58
4.3.5. Análise dos indicadores.....	58
4.4. ETAPA 1: COMPREENSÃO	59
4.4.1. Estudo exploratório.....	59
4.5. ETAPA 2: ESTRUTURAÇÃO DO MÉTODO	62
4.5.1. Estudo empírico X.....	63
4.5.2. Estudo empírico Y.....	65
4.6. ETAPA 3: CONSOLIDAÇÃO DO MÉTODO	68
4.6.1. Descrição da empresa B	68
4.7. ETAPA 4: AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS E PROPOSIÇÃO DO MÉTODO FINAL	72
4.7.1. Utilidade	72
4.7.2. Facilidade de uso	74
5. RESULTADOS.....	76
5.1. RESULTADOS DA ETAPA 1	76
5.1.1. Descrição do sistema de PCP da empresa A.....	76
5.1.2. Resultados do empreendimento 1.....	77
5.1.3. Discussões Finais	90
5.1.4. Conclusões da etapa 1.....	91
5.2. RESULTADOS DA ETAPA 2	93
5.2.1. Resultados do Estudo X.....	93
5.2.2. Avaliação do estudo X	112
5.2.3. Resultados do Estudo Y	114
5.2.4. Avaliação do estudo Y	136
5.2.5. Conclusão da etapa 2	139
5.3. RESULTADOS ETAPA 3	140
5.3.1. Descrição do sistema de PCP da empresa B.....	141
5.3.2. Resultados do empreendimento Z.....	142
5.3.3. Avaliação do estudo Z	155
5.3.4. Conclusão da etapa 3	157
6. MÉTODO PROPOSTO PARA O CONTROLE INTEGRADO PRODUÇÃO E QUALIDADE COM MENSURAÇÃO DE PERDAS POR <i>MAKING-DO</i> E PACOTES INFORMAIS.....	159
6.1. MÓDULO DE IDENTIFICAÇÃO DE PERDAS POR <i>MAKING-DO</i>	159
6.2. MÓDULO DE IDENTIFICAÇÃO DE PACOTES INFORMAIS.....	161

6.2.1.	Medição dos pacotes informais	162
6.2.2.	Classificação de pacotes de acordo com a natureza	162
6.2.3.	Medição de perdas por retrabalho e falta de terminalidade	163
6.2.4.	Identificação de pacotes informais	164
6.3.	MÓDULO DE CONTROLE INTEGRADO PRODUÇÃO E QUALIDADE.....	164
7.	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	166
7.1.	PRINCIPAIS CONCLUSÕES	166
7.2.	RECOMENDAÇÕES.....	168
	REFERÊNCIAS	169
	ANEXO A.....	177
	ANEXO B.....	178
	APÊNDICE	179

LISTAS DE FIGURAS

FIGURA 1- ESTRUTURA DA PRODUÇÃO (SHINGO, 1989)	24
FIGURA 2- OS PRÉ-REQUISITOS DAS TAREFAS DA CONSTRUÇÃO (ADAPTADO DE KOSKELA, 2000).....	35
FIGURA 3- MÉTODO DE IDENTIFICAÇÃO DE PERDAS POR <i>MAKING-DO</i> (SOMMER, 2010).....	40
FIGURA 4- MECANISMO DE PROTEÇÃO DA PRODUÇÃO PROPOSTO POR BALLARD; HOWELL (1998).....	47
FIGURA 5- DELINEAMENTO DA PESQUISA.....	54
FIGURA 6- EVOLUÇÃO DO MÉTODO DE CONTROLE.....	55
FIGURA 7- PLANTA DE IMPLANTAÇÃO DO EMPREENDIMENTO 1	60
FIGURA 8- PRINCIPAIS FONTES DE EVIDÊNCIA ESTUDO EXPLORATÓRIO	61
FIGURA 9- PLANTA DE IMPLANTAÇÃO DO EMPREENDIMENTO X.....	63
FIGURA 10- PRINCIPAIS FONTES DE EVIDÊNCIA DO ESTUDO X.....	64
FIGURA 11- PLANTA DE IMPLANTAÇÃO DO EMPREENDIMENTO Y.....	66
FIGURA 12- PRINCIPAIS FONTES DE EVIDÊNCIA DO ESTUDO Y	67
FIGURA 13- PLANTA DE IMPLANTAÇÃO EVIDENCIANDO 5ª FASE, E FOTO DE UM BLOCO DO EMPREENDIMENTO Z.....	70
FIGURA 14- PRINCIPAIS FONTES DE EVIDÊNCIA DO ESTUDO Z	71
FIGURA 15- AVALIAÇÃO DO CONSTRUCTO UTILIDADE.....	74
FIGURA 16- AVALIAÇÃO DO CONSTRUCTO FACILIDADE DE USO	75
FIGURA 17- ÍNDICE DE DESVIO DE PRAZO EMPREENDIMENTO 1	77
FIGURA 18- ÍNDICE DE BOAS PRÁTICAS DO EMPREENDIMENTO 1.....	78
FIGURA 19- FALTA DE BALANCEAMENTO ENTRE EQUIPE ELÉTRICA E ALVENARIA GEROU ARREMATES E RETRABALHOS	79
FIGURA 20- LOTES DE PRODUÇÃO DO EMPREENDIMENTO 1	80
FIGURA 21- DETALHAMENTO DO CICLO DO EMPREENDIMENTO 1.....	81
FIGURA 22- PERCENTUAL DE LOTES QUE ULTRAPASSOU O CICLO.....	81
FIGURA 23- TRABALHO EM PROGRESSO CRIADO POR FALTA DE BALANCEAMENTO DAS EQUIPES DE ALVENARIA E FÔRMA.....	82
FIGURA 24- PPC DO EMPREENDIMENTO 1	82
FIGURA 25- INTEGRAÇÃO ENTRE QUALIDADE E CURTO PRAZO	83
FIGURA 26- CATEGORIA DE PERDAS POR <i>MAKING-DO</i> PARA O PERÍODO DE DUAS SEMANAS....	84
FIGURA 27- AUSÊNCIA DE BANCADA DE TRABALHO PARA AJUSTE DE BLOCOS NOS PAVIMENTOS.....	85
FIGURA 28- IMPROVISAZÃO PARA SUSPENDER FIAÇÃO DE INSTALAÇÃO ELÉTRICA.....	85
FIGURA 29- MADEIRAS QUE SERIAM USADAS NA PROTEÇÃO DE PERIFERIA INTERFERINDO NA MOVIMENTAÇÃO DAS EQUIPES.....	86
FIGURA 30- PRÉ-REQUISITOS INDISPONÍVEIS QUE POSSIVELMENTE ORIGINARAM AS PERDAS POR <i>MAKING-DO</i> NO EMPREENDIMENTO 1.....	86
FIGURA 31- IMPACTO DAS PERDAS POR <i>MAKING-DO</i>	87
FIGURA 32- PACOTES INFORMAIS DURANTE UMA SEMANA	89
FIGURA 33- CARACTERIZAÇÃO DOS PACOTES INFORMAIS DURANTE UMA SEMANA	89
FIGURA 34- PACOTES INFORMAIS POR RETRABALHO	90
FIGURA 35- ÍNDICE DE BOAS PRÁTICAS DO ESTUDO DE CASO X	93
FIGURA 36- ESTRATÉGIA DE ATAQUE E REPRESENTAÇÃO DAS PAREDES	95
FIGURA 37- PACOTES SEMANAIS REFERENTES AO PROCESSO DE ESTRUTURA.....	96
FIGURA 38- ADERÊNCIA DO PROCESSO DE ALVENARIA EM RELAÇÃO AO LOTE PLANEJADO NA TORRE X1	97
FIGURA 39- ADERÊNCIA DOS LOTES DE PRODUÇÃO DE ALVENARIA DA TORRE X1 AO CICLO DE 7 DIAS	97
FIGURA 40- ALGUNS PILARES AINDA ABERTOS NO SEGUNDO DIA DO CICLO	98
FIGURA 41- ADERÊNCIA AO TEMPO DE CICLO DA ESTRUTURA	99
FIGURA 42- PPC COLETADO REFERENTE AO EMPREENDIMENTO X	99
FIGURA 43- PLANILHA UTILIZADA PARA COLETAR OS DADOS REFERENTES AO MÓDULO DE IDENTIFICAÇÃO DE PACOTES INFORMAIS.....	101
FIGURA 44- CATEGORIA DE PERDAS POR IMPROVISAZÃO NO PROCESSO DE ALVENARIA DURANTE A 5ª, 9ª E 10ª SEMANA	102
FIGURA 45- PERDAS POR IMPROVISAZÃO RELACIONADA À CATEGORIA EQUIPAMENTOS/FERRAMENTAS	102

FIGURA 46- IMPROVISACÃO NO ARMAZENAMENTO DE PRÉ-MOLDADOS E BLOCOS.....	103
FIGURA 47- PRÉ-REQUISITOS INDISPONÍVEIS QUE POSSIVELMENTE ORIGINARAM AS IMPROVISACÕES NO PROCESSO DE ALVENARIA	104
FIGURA 48- IMPACTO DAS IMPROVISACÕES NO PROCESSO DE ALVENARIA.....	105
FIGURA 49- CATEGORIAS DE PERDAS POR <i>MAKING-DO</i> NO PROCESSO DE ESTRUTURA.....	105
FIGURA 50- FUNCIONÁRIOS SE APOIANDO EM ESCORAS E BARROTES A PROCURA DE MELHOR POSICIONAMENTO PARA EXECUÇÃO DAS ATIVIDADES	106
FIGURA 51 – MATERIAIS ARMAZENADOS DESORDENADAMENTE.....	106
FIGURA 52- PRÉ-REQUISITOS INDISPONÍVEIS QUE POSSIVELMENTE ORIGINARAM AS IMPROVISACÕES NO PROCESSO DE ESTRUTURA.....	107
FIGURA 53- IMPACTO DAS IMPROVISACÕES NO PROCESSO DE ESTRUTURA.....	108
FIGURA 54- CARACTERIZAÇÃO DOS PACOTES REALIZADOS AO LONGO DAS 10 SEMANAS.....	109
FIGURA 55- NATUREZA DOS PACOTES EXECUTADOS DURANTE A ÚLTIMA SEMANA	110
FIGURA 56- PAREDE DO <i>SHAFTS</i> ESPERANDO SER CONCLUÍDA.....	110
FIGURA 57- CARACTERIZAÇÃO DOS PACOTES REALIZADOS AO LONGO DAS 10 SEMANAS.....	111
FIGURA 58- REGULARIZAÇÃO DA VARANDA	112
FIGURA 59-TEMPO APROXIMADO DESPENDIDO PARA AS ATIVIDADES PRINCIPAIS COM RELAÇÃO A CADA MÓDULO	114
FIGURA 60-ÍNDICE DE BOAS PRÁTICAS ESTUDO DE CASO Y	115
FIGURA 61- FERRAMENTA VISUAL COM SEQUÊNCIA DE EXECUÇÃO E OS LOTES MENORES ...	116
FIGURA 62- FERRAMENTA VISUAL COM SEQUÊNCIA DE EXECUÇÃO E LOTES MENORES DE PRODUÇÃO	117
FIGURA 63- FERRAMENTA VISUAL COM SEQUENCIAMENTO DAS EQUIPES E OS MÓDULOS	118
FIGURA 64-FERRAMENTA VISUAL COM SEQUÊNCIA DE EXECUÇÃO DO REBOCO DE TETO.....	118
FIGURA 65- FALTA DE ADERÊNCIA AO TEMPO DE CICLO DO PROCESSO DE ALVENARIA	119
FIGURA 66- FALTA DE ADERÊNCIA AO CICLO NO PROCESSO DE REVESTIMENTO INTERNO	119
FIGURA 67- ADERÊNCIA AO TEMPO DE CICLO NO PROCESSO DE REVESTIMENTO DE TETO.....	120
FIGURA 68- MONITORAMENTO DO PPC PARA OS TRÊS PROCESSOS AO LONGO DAS SEMANAS	121
FIGURA 69- MATRIZ PARA AVALIAÇÃO DE RISCO ATRAVÉS DOS PARÂMETROS SEVERIDADE E PROBABILIDADE (ADAPTADO DE SAURIN, 2002).....	121
FIGURA 70-FERRAMENTA DE ENTRADA DE DADOS.....	123
FIGURA 71- FERRAMENTA DE COLETA REFERENTE À ALOCAÇÃO DE RECURSOS NOS PACOTES INFORMAIS	124
FIGURA 72- FERRAMENTA PARA COLETA DE DADOS REFERENTES AO PPC, PPCQ E PPCR	125
FIGURA 73- CATEGORIA DE PERDAS POR <i>MAKING-DO</i> NO PROCESSO DE ALVENARIA	126
FIGURA 74- INSTALAÇÕES SUSPENSAS DE ÁGUA FRIA POSICIONADA POSTERIOR À CONCLUSÃO DA ALVENARIA	126
FIGURA 75- PRÉ-REQUISITOS INDISPONÍVEIS QUE POSSIVELMENTE ORIGINARAM AS PERDAS POR <i>MAKING-DO</i>	127
FIGURA 76- IMPACTO DAS IMPROVISACÕES	128
FIGURA 77- REVESTIMENTO DE TETO REALIZADO ANTES DA RETIRADA DE FÔRMAS (ESQUERDA) E DA ESTRUTURA DE SUPORTE A LINHA DE VIDA DOS CONTRAMARCOS (DIREITA).....	128
FIGURA 78- PRÉ-REQUISITOS AUSENTES QUE PODEM TER ORIGINADOS AS IMPROVISACÕES IDENTIFICADAS	129
FIGURA 79- IMPACTO DAS IMPROVISACÕES IDENTIFICADAS	129
FIGURA 80- CATEGORIA DE PERDAS IDENTIFICADAS	130
FIGURA 81- PAREDE REVESTIDA MESMO COM CAIXAS ELÉTRICAS EM POSIÇÃO INCORRETA	130
FIGURA 82- TÁBUAS DE MADEIRA SUBSTITUINDO LONAS APROPRIADAS PARA O REAPROVEITAMENTO DE ARGAMASSA	131
FIGURA 83- PRÉ-REQUISITOS AUSENTES QUE PODEM TER ORIGINADO AS PERDAS POR IMPROVISACÃO	131
FIGURA 84- IMPACTO DAS PERDAS POR IMPROVISACÃO NA PRODUÇÃO	132
FIGURA 85- BURACO ABERTO NA PAREDE PARA PASSAR MANGUEIRA USADA COMO PONTO DE ÁGUA.....	132
FIGURA 86- CARACTERIZAÇÃO DOS PACOTES EXECUTADOS DURANTE AS SEMANAS ACOMPANHADAS.....	133
FIGURA 87- CONTROLE VISUAL DOS PACOTES INFORMAIS DE REVESTIMENTO INTERNO.....	134

FIGURA 88- DISTRIBUIÇÃO DA QUANTIDADE DE HORAS TOTAL DE PEDREIROS NOS PACOTES EXECUTADOS.....	134
FIGURA 89- PPC E PPCR REFERENTES AOS PROCESSOS DE ALVENARIA, REVESTIMENTO INTERNO E REVESTIMENTO DE TETO.....	135
FIGURA 90- CAUSA RAIZ PELA NÃO CONCLUSÃO COM QUALIDADE.....	136
FIGURA 91- TEMPO APROXIMADO DESPENDIDO PARA AS ATIVIDADES PRINCIPAIS COM RELAÇÃO A CADA MÓDULO.....	138
FIGURA 92- PARTE DO DIAGRAMA DE PRECEDÊNCIA DO EMPREENDIMENTO Z.....	141
FIGURA 93- ÍNDICE DE BOAS PRÁTICAS ESTUDO DE CASO Z.....	143
FIGURA 94- EXECUÇÃO DO CALÇAMENTO IMPEDIU QUE O TRANSPORTE DE SACOS DE GESSO FOSSE REALIZADO PELO CAMINHÃO.....	143
FIGURA 95- FERRAMENTA DE CONTROLE DO CICLO DE REVESTIMENTO DE GESSO POR CASA.....	144
FIGURA 96- ADERÊNCIA AO TEMPO DE CICLO POR EQUIPE NAS UNIDADES REALIZADAS.....	145
FIGURA 97- EVOLUÇÃO PPC PARA O PROCESSO DE REVESTIMENTO DE GESSO.....	146
FIGURA 98- CATEGORIA DE PERDAS IDENTIFICADAS.....	148
FIGURA 99- TETO REVESTIDO ANTES DE ESTAR EM CONFORMIDADE COM A QUALIDADE.....	148
FIGURA 100- PRÉ-REQUISITOS AUSENTES QUE PODEM TER ORIGINADO AS IMPROVISACIONES.....	149
FIGURA 101- IMPACTO DAS PERDAS.....	150
FIGURA 102- CARACTERIZAÇÃO DOS PACOTES EXECUTADOS DURANTES AS SEMANAS.....	151
FIGURA 103- CATEGORIA DE PACOTES EXECUTADOS DURANTE AS SEMANAS.....	151
FIGURA 104- DISTRIBUIÇÃO DA QUANTIDADE TOTAL DE HORAS DE GESSEIROS NOS PACOTES EXECUTADOS.....	152
FIGURA 105- DISTRIBUIÇÃO DA QUANTIDADE TOTAL DE HORAS DE FUNCIONÁRIOS NOS PACOTES EXECUTADOS.....	152
FIGURA 106- COMPARATIVO PPC, PPCTQ E PPCPQ.....	153
FIGURA 107- CAUSAS DA NÃO CONCLUSÃO DOS PACOTES COM QUALIDADE.....	154
FIGURA 108- ALTERAÇÃO DE COR DO GESSO PROVOCADO PELO REVESTIMENTO TER SIDO INICIADO ANTES DA COBERTURA TER SIDO CONCLUÍDA.....	154
FIGURA 109- POSICIONAMENTO DE MESTRAS NA QUANTIDADE E ESPAÇAMENTO IDEAL.....	155
FIGURA 110- TEMPO APROXIMADO DESPENDIDO PARA AS ATIVIDADES PRINCIPAIS COM RELAÇÃO A CADA MÓDULO.....	157
FIGURA 111- MÓDULO DE IDENTIFICAÇÃO DE PERDAS POR <i>MAKING-DO</i>	160
FIGURA 112- ESTRUTURA DE ALOCAÇÃO DE FUNCIONÁRIOS.....	164
FIGURA 113- PROCESSO DE CONTROLE INTEGRADO PRODUÇÃO E QUALIDADE.....	165

LISTAS DE SIGLAS

LPS– Sistema *Last Planner* de Controle da Produção

PCP– Planejamento e Controle da Produção

STP– Sistema Toyota de Produção

KC- Kit Completo

IBPPCP- Índice de Boas Práticas para o Planejamento e Controle da Produção

PPC- Percentual de Pacotes Concluídos

PPCQ- Percentual de Pacotes Concluídos com Qualidade

PPCR- Percentual de Pacotes Concluídos Real

PPCPQ- Percentual de Pacotes Concluídos Parcialmente com Qualidade

PPCTQ- Percentual de Pacotes Concluídos Totalmente com Qualidade

1. INTRODUÇÃO

A justificativa, o problema de pesquisa, questões de pesquisa e respectivos objetivos são apresentados neste capítulo. Ao final do mesmo se encontram as delimitações e a estrutura do trabalho.

1.1. JUSTIFICATIVA

Nos últimos anos tem sido notável o crescimento do segmento da construção civil no País. Esta ascensão, segundo Correia (2010), se deve à alta dos índices de emprego formal, aumento da renda e maior acesso ao crédito, associados a um misto de demanda habitacional reprimida por décadas e o movimento de reposição natural de moradias. Somados a esses fatores, o PAC (Programa de Aceleração do Crescimento), as obras da copa do mundo e dos jogos olímpicos têm estimulado esse crescimento, cujos reflexos são visíveis em toda a cadeia.

Mesmo sendo evidente o impacto significativo que o desempenho da indústria da construção tem sobre a economia nacional, sua eficiência frequentemente é questionada, uma vez que se encontra defasada em relação a outras indústrias que têm apresentado um substancial aumento de produtividade e qualidade, acompanhado da redução de perdas e melhoria nas condições de trabalho (KOSKELA, 1992).

Nesse sentido, o sucesso da *Toyota Motor Corporation* e do seu Sistema Toyota de Produção (STP) na indústria automobilística repercutiu em vários outros setores, inclusive na construção civil. Por conseguir reduzir os custos financeiros das atividades e ao mesmo tempo trabalhar com limitada disponibilidade de recursos surgiram diversas tentativas para compreender as práticas do STP em um nível mais abstrato, tendo destaque o trabalho de Womack, Jones e Roos (1992) que denominaram esta filosofia de produção de *Lean Production*.

Acerca do STP, Shingo (1989) apresenta como seu principal objetivo a identificação e eliminação de todos os tipos de perdas existentes no sistema em questão. Liker e Meier (2007) argumentam que nem todo trabalho pode ser repetitivo e previsível, mas todo trabalho envolve perdas. Assim, a medição de perdas é uma maneira efetiva de avaliar o desempenho de sistemas produtivos, pois, a mensuração normalmente permite destacar áreas de melhoria potencial e identificar as principais causas de ineficiência (FORMOSO *et al.*, 2002).

Além disso, comparado a medidas financeiras tradicionais, a medição de perdas é mais eficaz no apoio ao processo de gestão, uma vez que permite que determinados custos operacionais sejam corretamente modelados e informações normalmente importantes para as equipes sejam geradas, criando condições para implementar um controle descentralizado (FORMOSO *et al.*, 2002).

Na tentativa de melhorar seu desempenho, surgiu nas últimas décadas um movimento no sentido de adaptar as ideias da *Lean Production* para a construção civil. Porém, nesse processo de transição existem falhas relacionadas principalmente à aplicação prática a um contexto diferente (JORGENSEN; EMMIT, 2008). Os referidos autores apontam que a *Lean Production* normalmente se aplica a indústrias com volumes de produção significativamente maiores que os característicos da construção civil, e ainda, o enfoque tipicamente é em processos produtivos altamente padronizados e repetitivos.

Para Isatto e Formoso (1998), é necessária uma compreensão mais aprofundada dos conceitos e princípios que sustentam o STP. Esta linha de pensamento também é defendida por Viana, Formoso e Kalsaas (2012), que através de uma revisão sistemática de literatura, investigaram a ocorrência das perdas na indústria da construção, incluindo os conceitos adotados, medidas, e o tipo de *feedback* fornecido. Como resultados, o referido estudo revelou que os esforços da comunidade acadêmica da gestão da construção para compreender o conceito de perdas são relativamente pequenos e que muitos estudos sobre perda são focados nas consequências e não na causa raiz que deveria ser evitada.

Koskela (2004) propôs uma categoria de perda na construção civil denominada de *making-do*, a qual pode ser considerada como uma das causas fundamentais de outras

perdas, tais como o aumento da parcela de atividades que não agregam valor, diminuição da segurança, problemas de qualidade, trabalho em progresso¹, e retrabalho.

Segundo Koskela (2004), essa categoria de perda refere-se à redução de desempenho em tarefas iniciadas ou continuadas sem que todos os recursos (componentes, mão de obra, equipamentos, informação, tarefa pré-requisito, espaço e condições externas) estejam disponíveis em sua forma padrão ou ótima. Uma situação em que o carpinteiro escala uma estrutura de escoramento para realizar a desfôrma de uma viga pode ser considerado uma perda por *making-do*, pois tal atividade foi realizada devido a ausência de andaimes, bancos e escadas no local da ação (SOMMER, 2010).

Ciborra (1998) exalta que em uma organização de trabalho há a necessidade de se considerar a lacuna existente entre os procedimentos operacionais padrão e o que é considerado viável no trabalho normal. Segundo o mesmo autor, nessas situações as equipes regularmente realizam improvisações.

De fato, a partir de estudos empíricos sobre perdas por *making-do*, Sommer (2010) identificou uma forte relação entre esta categoria de perda e as improvisações. Como resultado do estudo foi proposto um método para identificar perdas por *making-do*, bem como analisar suas principais causas e impactos. Apesar do caráter exploratório deste estudo, o mesmo confirmou que esta categoria de perda pode ocasionar o surgimento de outros tipos de perda, tais como a perda de materiais, acidentes e retrabalho.

Assim, a presente pesquisa busca dar continuidade ao trabalho iniciado por Sommer (2010), e assim contribuir tanto para a compreensão mais aprofundada das perdas por *making-do*, quanto para o desenvolvimento de sistemas de controle que possam reduzi-las.

1.2. PROBLEMA DE PESQUISA

Para Skoyles (1976), a maioria das causas de perdas na construção está associada a falhas no sistema de gestão das obras. Formoso, Isatto e Hirota (1999) corroboram esta ideia e apontam como necessária a integração do controle de perdas ao processo de planejamento e controle da produção (PCP).

¹ Na manufatura trabalho em progresso (*work in progress*) é definido como estoque de itens entre estações de processamento (HOPP; SPEARMAN, 1996).

Proposta de método de controle integrado entre produção e qualidade com mensuração de perdas por *making-do* e pacotes informais

Koskela (2004) aponta como estratégia para eliminação das perdas por *making-do* o emprego de sistemas de controle da produção semelhantes ao *Last Planner*², pois, se trata de um sistema estruturado para planejamento de curto prazo e execução, em que a regra de apenas iniciar a tarefa quando todos os recursos estejam disponíveis pode ser sistematicamente aplicada.

Contudo, os benefícios da introdução da medição de perdas por *making-do* em sistemas de controle da produção semelhantes ao *Last Planner* serão apenas parciais caso não se consiga abranger a extensa gama de eventos que podem emergir durante a execução de um empreendimento. Conforme Sommer (2010) evidenciou, muitas perdas por *making-do* não são percebidas pela equipe de gestão da obra, uma vez que partem de decisões que normalmente ocorrem durante a execução das tarefas.

Dessa maneira, Formoso *et al.* (2011) afirmam que a introdução da medição de perdas por *making-do* deve ser combinada com outras evidências desta perda, tais como trabalho em progresso, retrabalho, e a redução da qualidade. Assim, mais casos de *making-do* poderão ser identificados e, então, eliminados.

Para tanto, alguns obstáculos devem ser contornados para que as estratégias apresentadas anteriormente possam ser bem-sucedidas. O primeiro deles se encontra na relação entre *making-do*, trabalho em progresso e retrabalho ainda ser pouco entendida na construção civil.

De certa forma, a identificação de uma relação entre estes diferentes tipos de perdas é prejudicada pela ausência de consenso sobre o conceito de retrabalho, visto que existem várias definições na literatura, sendo associadas a termos como falta de terminalidade (ASHFORD, 1992), desvios da qualidade (BURATI *et al.*, 1992; BABER *et al.*, 2000; JOSEPHSON; LARSSON; LI, 2002), não conformidades (ASHFORD, 1992; HWANG *et al.*, 2009), mudanças de ordens pelo cliente (LOVE; MANDAL; LI, 1999; LOVE; LI, 2000; HWANG *et al.*, 2009), defeitos (JOSEPHSON; HAMMARLUND, 1999; OYEWABI *et al.*, 2011), e reparos (LOVE, 2002B). Como consequência, Love *et al.* (2008) apontam as significativas divergências em termos dos valores medidos.

² O sistema *Last Planner* (LPS) foi desenvolvido por Ballard e Howell nos anos 90. Este sistema de é fundamentado em dois componentes principais: controle da unidade de produção e controle do fluxo de trabalho. O primeiro tem como função melhorar progressivamente as atribuições para os trabalhadores através do aprendizado contínuo e da ação corretiva, enquanto o segundo componente procura estabilizar o fluxo de trabalho.

O mesmo acontece ao conceito de trabalho em progresso, o qual normalmente está associado a arremates (AKKARI, 2003), falta de terminalidade (ALVES, 2000; YU *et al.*, 2009), espera entre processos (BULHÕES, 2009, SCHRAMM, 2004; SAFFARO, 2007; SCHRAMM, 2009), e frentes de serviço abertas (BASHFORD *et al.*, 2003; PARTOUCHE, 2009; SACKS; RADOSAVLJEVIC; BARAK, 2010). Soma-se a isto o fato de que no canteiro de obras, onde as equipes, não os produtos, se movem, é muito difícil visualizar e controlar o trabalho em progresso (SACKS; RADOSAVLJEVIC; BARAK, 2010).

O segundo obstáculo para eliminação de perdas por *making-do* consiste na dificuldade em se avaliar a redução da qualidade nas tarefas concluídas, visto que, normalmente, o sistema de gestão da qualidade não está adequadamente integrado ao sistema de PCP. Neste aspecto, ao integrar esses dois sistemas é possível identificar a razão desta redução, e conseqüentemente propor ações corretivas que permitem aumentar o percentual de tarefas concluídas com qualidade (SUKSTER, 2005). Contudo, esse obstáculo agrava-se quando a equipe de gestão falha na aplicação do sistema *Last*

Planner, negligencia a execução de pacotes informais e considera como concluídos pacotes de trabalho incompletos.

Soares (2003) identificou a existência de pacotes informais quando passou a monitorar as tarefas que eram realizadas durante as semanas mesmo sem terem sido programadas. Para Bernardes (2001), a execução de pacotes informais pode reduzir o desempenho do sistema, visto que, por não terem sido planejados, normalmente são realizados sem que todas as restrições tenham sido removidas. Além disso, como tais pacotes são invisíveis para a equipe de gestão, sua conclusão possivelmente não é avaliada pelos controles da produção e da qualidade. Por sua vez, Righi (2009) defende que a falta de rigor quanto ao quesito terminalidade durante a avaliação da conclusão dos pacotes de trabalho semanais impede que a conferência da qualidade seja totalmente aplicada.

1.3. QUESTÕES DE PESQUISA

Com base na apresentação do problema de pesquisa e na justificativa do tema, definiu-se como questão principal de pesquisa neste estudo: “Como controlar de forma

integrada a produção e a qualidade, considerando o monitoramento das perdas por *making-do* e pacotes informais? ”

Desdobrando a questão principal, surgiu a necessidade de responder também às seguintes questões secundárias:

- a) Qual a relação entre as perdas por *making-do* e a execução de pacotes informais?
- b) Como medir as perdas por *making-do*, retrabalho, e falta de terminalidade?
- c) Que ferramentas e indicadores podem ser usados para monitorar a execução de pacotes informais?

1.4. OBJETIVOS

O objetivo principal deste trabalho é propor um método de controle integrado produção e qualidade, com a mensuração de perdas por *making-do* e pacotes informais.

Os objetivos específicos deste trabalho são:

- a) Identificar a relação entre as perdas por *making-do*, retrabalho e falta de terminalidade;
- b) Propor indicadores para avaliar a incidência de perdas por *making-do*, retrabalho e falta de terminalidade;
- c) Propor ferramentas e indicadores capazes de monitorar a execução de pacotes informais.

1.5. DELIMITAÇÃO

Pode ser apontado como delimitação para o presente trabalho o fato de que os estudos de caso foram realizados em empreendimentos com características repetitivas, que utilizem um sistema de Planejamento e Controle da produção baseado no *Last Planner*;

1.6. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Essa dissertação está estruturada em sete capítulos. O presente capítulo analisou a justificativa e o problema de pesquisa que envolve o tema. Ainda, foram apresentadas as questões de pesquisa propostas, bem como os objetivos a serem alcançados.

O capítulo dois apresenta uma revisão bibliográfica sobre perdas. Neste capítulo, inicialmente são apresentados o conceito de perdas no Sistema Toyota de Produção, posteriormente são apresentados os esforços na medição de perdas importantes da construção civil, sendo enfatizadas perdas como retrabalho e trabalho em progresso. Em seguida, são discutidos os conceitos de *making-do* e improvisação, e por fim, são apresentadas as principais contribuições do trabalho de Sommer (2010).

O capítulo três apresenta uma revisão bibliográfica sobre o controle da produção, sendo iniciada com uma discussão sobre a visão tradicional de controle. Posteriormente é apresentado o sistema *Last Planner* e seus principais elementos, e, por fim, são discutidas as limitações identificadas na literatura sobre aplicação do sistema.

O capítulo quatro apresenta o método de pesquisa, sendo iniciado com a descrição da estratégia de pesquisa escolhida. Em seguida, é apresentado o delineamento do processo de pesquisa, sendo detalhadas as etapas realizadas com base na pesquisa construtiva.

O capítulo cinco apresenta os resultados obtidos ao longo das etapas desenvolvidas nesta pesquisa. São apresentados os resultados do estudo exploratório e dos três estudos empíricos.

O capítulo seis explica a versão final do método proposto, enquanto que no último capítulo são apresentadas as conclusões e recomendações para futuras pesquisas.

2. PERDAS

O presente capítulo apresenta inicialmente o conceito de perdas no STP e estudos relacionados à medição de perdas na construção civil, sendo discutidas algumas categorias de perdas relevantes para o presente trabalho, incluindo retrabalho e trabalho em progresso. Posteriormente são apresentados o conceito de *making-do*, improvisação, e a relação entre eles. Por fim, são apresentadas as principais contribuições do trabalho de Sommer (2010), que propôs um método para a identificação de perdas por *making-do*.

2.1. O CONCEITO DE PERDAS NO SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO

A definição de perdas no Sistema Toyota de Produção está fortemente relacionada aos conceitos de processo e operações (FORMOSO *et al.*, 2002). De acordo com Shingo (1989), a produção é analisada como uma rede funcional de processo e operações (Figura 1).

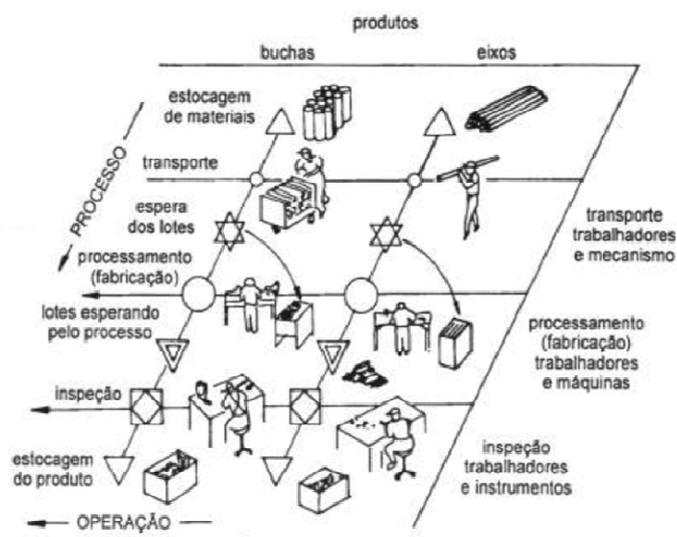


Figura 1- Estrutura da produção (Shingo, 1989)

Segundo Shingo (1989), um processo consiste no fluxo de materiais e informações desde a matéria prima até o produto final, enquanto operação é definida como o trabalho desempenhado para realizar essa transformação. Para o referido autor, em um processo o material ou a informação pode estar em processamento, inspeção, movimentação, ou em espera. Koskela (1992) divide as atividades que compõem o processo de produção de acordo com sua natureza em duas categorias:

- Conversão: consiste no processamento dos materiais em produtos acabados.
- Fluxo: envolve as tarefas de inspeção, movimento, e espera dos materiais.

Quanto às operações, Shingo (1989) aponta que os equipamentos e pessoas podem estar atuando em diferentes tipos de operação, as quais normalmente são classificadas em:

- Operações de *setup*: atividades de preparação antes e depois das operações;
- Operações principais: desempenham o trabalho necessário, podendo ser divididas em operações essenciais e auxiliares (auxiliam as essenciais a realizar o trabalho);
- Folgas marginais: atividades indiretas relacionadas à operação, como, por exemplo, lubrificar a máquina, reposicionar produtos em *pallets*;
- Folgas ligadas ao pessoal: relacionadas às necessidades do operador.

De fato, a compreensão da função produção e dos conceitos de processo e operações permitiu ao STP identificar maneiras para alcançar um melhor desempenho do sistema produtivo. Nesse ponto, Shingo (1989) e Ohno (1997) apontam que em primeiro lugar devem ser realizadas melhorias no processo, pois assim é possível melhorar o desempenho global da produção, para então partir para melhorias nas operações.

Segundo Koskela (1992), existem duas abordagens a serem seguidas quando se deseja melhorar os processos e as operações: (a) aumentar a eficiência tanto de atividades que agregam valor quanto das que não agregam valor; (b) eliminar as perdas pela remoção das atividades que não agregam valor.

Em suma, as atividades que agregam valor ao produto final podem ser entendidas como aquelas que transformam as matérias primas ou componentes nos produtos requeridos

pelos clientes (KOSKELA, 1992). Assim, quando se pensa em processo, o referido autor afirma que apenas as atividades de conversão agregam valor ao produto final.

De acordo com Shingo (1989) e Ohno (1997), no STP as atividades desnecessárias que geram custos e não agregam valor ao produto final são consideradas perdas. Alguns estudos, tais como Koskela (1992), Formoso *et al.* (2002) e Polat e Ballard (2004) também adotam uma conceitualização de perdas semelhante. Neste ponto, Formoso *et al.* (2002) definem perdas como qualquer ineficiência que se reflita no uso dos recursos-material, tempo (mão de obra e equipamentos), e capital- produzidos por atividades que geram custos diretos ou indiretos, mas que não adicionam valor ao produto final do ponto de vista do cliente.

Contudo, Soibelman (1993) alerta que a redução de perdas deve considerar que existe um nível aceitável de perdas, o qual só pode ser reduzido através de mudanças significativas no nível de desenvolvimento tecnológico e gerencial da empresa. Assim, o referido autor classifica as perdas da seguinte forma:

- Perdas inevitáveis (ou perda natural): corresponde a um nível aceitável de perdas, em que o investimento necessário para sua redução é maior que a economia gerada;
- Perdas evitáveis: ocorrem quando os custos de ocorrência são substancialmente maiores que os custos de prevenção.

A classificação das perdas, segundo Shingo (1989), tem como função principal chamar a atenção das pessoas para os principais tipos de problemas encontrados no sistema produtivo da manufatura. Neste aspecto, Ohno (1997) propôs 7 categorias de perdas identificadas pelo STP:

- Perdas por movimentação: refere-se a movimentos desnecessários realizados por operadores durante as atividades, podendo estar relacionada principalmente à ausência de estudos de *layout*;
- Perdas por espera: é consequência do elevado tempo de *setup*, a falta de sincronia e balanceamento do processo produtivo, quebra de máquinas, atraso na entrega de materiais, e outros fatores que resultam em esperas por parte da mão de obra ou de equipamentos (SHINGO, 1989).

- Perdas por superprodução: pode ocorrer de dois tipos, a quantitativa, quando é produzida uma quantidade superior ao programado ou necessário, e, por antecipação, devido à produção antes do período necessário. De certa forma, o principal foco de melhoria do STP é a redução ou eliminação das perdas por superprodução, visto que, a existência de grandes estoques oculta à identificação de outras perdas;
- Perdas por transporte: refere-se às atividades de movimentação excessiva de materiais ou componentes, podendo estar relacionadas a *layout* inadequado da planta;
- Perdas no processamento em si: consiste na realização de atividades desnecessárias durante o processamento, as quais podem ser eliminadas sem afetar as características funcionais do produto;
- Perda por executar produtos defeituosos: refere-se à fabricação de produtos, peças ou componentes que não atendem aos requisitos de qualidade especificados;
- Perdas por estoque: decorrente da existência desnecessária de estoques em níveis elevados, que geram custos desnecessários para manutenção seja de matéria prima, material em processamento e produtos acabados. Para Shingo (1989), enquadra-se nesta perda a espera no processo (o lote inteiro espera o término da operação que está sendo executada no lote anterior) e espera do lote (quando cada peça que compõe um lote espera até que todas as peças do lote tenham sido processadas);

Além dessas categorias, Shingo (1989) ainda apresenta outros dois tipos específicos de perdas presentes no STP: trabalho em progresso e retrabalho. Estes merecem destaque por terem vínculos com algumas das 7 categorias e por serem identificadas como possíveis consequências da perda por *making-do*.

Shingo (1989) e Ohno (1997) apresentam retrabalho como uma atividade que não agrega valor, conseqüentemente, uma perda, a qual é associada à correção de produtos que foram fabricados sem atender a todos os requisitos de qualidade. Assim, o retrabalho é considerado uma consequência da perda por execução de produtos defeituosos.

Quanto ao trabalho em progresso, Shingo (1989) afirma que esta perda se refere aos estoques existentes entre as etapas de processamento, os quais podem estar associados a itens não concluídos que estão à espera do processamento, como nos casos de superprodução em que há excesso de estoques se acumulando a espera de serem processados. Ainda, o mesmo autor acrescenta que esse tipo específico de perda é muito comum em sistemas produtivos que utilizam grandes lotes de produção, visto que aumenta o tempo de espera para um item ser processado.

2.2. ESFORÇOS PARA MEDIR PERDAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Segundo Isatto *et al.* (2000), as perdas na construção civil são frequentemente associadas à ocorrência de entulho, tais como restos de madeira, argamassa, blocos e outros materiais, os quais não apresentam a possibilidade de serem reaproveitados. Para os mesmos autores, esta definição é bastante empregada devido a sua simplicidade, pois o custo das perdas poderia ser calculado sem grandes dificuldades, através da multiplicação da quantidade de entulho de cada material pelo seu valor unitário.

No entanto, Formoso *et al.* (2002) apontam que outros tipos de perdas, além do entulho, precisam ser considerados, mesmo quando o foco da medição for a perda de materiais. Neste aspecto, Skoyles (1976) classifica a perda de material em dois tipos, direta e indireta. Segundo o mesmo autor, a perda direta refere-se aos materiais que são danificados e não podem ser reparados e subsequentemente usados, enquanto a perda indireta, normalmente resulta em despesas monetárias, pois os materiais não são perdidos fisicamente, por exemplo, a substituição de materiais ou o uso de materiais em excesso (FORMOSO *et al.*, 2002).

Alguns esforços na medição de perdas de materiais na construção civil indicaram que estas são efetivamente maiores do que as normalmente aceitas pela indústria da construção em suas estimativas de custo (BOSSINK; BROUWERS, 1996; ENSHASSI, 1996; FORMOSO *et al.*, 2002; SKOYLES, 1976; SOILBELMAN, 1993). Ainda, além de quantificar as perdas, tais estudos analisaram as causas das mesmas, as quais se destacam os seguintes:

- Gestão dos materiais: incorreta descarga, estoque e manuseio de materiais, má condições do terreno, equipamentos inadequados de transporte (ENHASSI; 1996; FORMOSO *et al.*, 2002; SKOYLES, 1976; SOILBELMAN, 1993);
- Projeto: falta de modularização, má integração entre os subsistemas construtivos, imprecisa especificação dos produtos, projeto mal detalhado, mudanças de projeto, escolha de produtos de baixa qualidade (BOSSINK; BROUWERS, 1996; ENHASSI, 1996; FORMOSO *et al.*, 2002);
- Planejamento: ausência de planejamento de *layout* e, de estudos sobre entrega de materiais no canteiro e sua distribuição nas áreas de trabalho, desconhecimento da quantidade de produtos necessária (BOSSINK; BROUWERS, 1996; FORMOSO *et al.*, 2002);
- Operação: mau funcionamento do equipamento, erros na execução das atividades, danos causados por equipes subsequentes, uso incorreto dos materiais, informações sobre o tipo e dimensões dos produtos que serão usados chegam tarde para as equipes; (BOSSINK; BROUWERS, 1996).

Apesar do avanço alcançado no estudo de perdas de materiais na construção civil, Isatto *et al.* (2000) afirmam que utilizar tal conceito nem sempre é adequado, visto que, devido ao seu caráter restrito, a compreensão das perdas como unicamente relacionada aos materiais resulta em uma visão muito limitada do potencial de melhorias efetivamente existentes em um sistema produtivo.

Neste sentido, uma ampla gama de medidas está sendo utilizada, tais como, retrabalho (HWANG *et al.*, 2009; LOVE; EDWARDS, 2004; LOVE; LI, 2000; LOVE; SOHAL, 2003), *making-do* (KOSKELA, 2004; SOMMER, 2010), trabalho em progresso (BASHFORD *et al.*, 2003; YU *et al.* 2009). Os dois últimos têm recebido muito destaque nos esforços relacionados à aplicação de conceitos e princípios da *Lean Production* ao contexto da construção civil.

2.2.1. Trabalho em progresso

Na literatura, a maioria das abordagens em que esta perda é apresentada de maneira explícita normalmente associa o conceito à espera entre processos (BULHÕES, 2009,

SCHRAMM, 2004; SAFFARO, 2007; SCHRAMM, 2009), ou, frentes de serviço abertas (BASHFORD *et. al.* 2003; PARTOUCHE, 2009; SACKS; RADOSAVLJEVIC; BARAK, 2010). Em outros estudos, o conceito aparece implicitamente associado a arremates (AKKARI, 2003) e falta de terminalidade (ALVES, 2000; YU *et. al.* 2009).

De fato, tais abordagens podem ser consideradas similares, visto que o trabalho em progresso está relacionado diretamente ao tempo de espera para um espaço ser concluído, sejam os espaços que estão sendo processados, aqueles que estão esperando para iniciar o próximo processo, ou mesmo aqueles que estão esperando para serem concluídos por completo. Neste ponto, os espaços (quarto, apartamento, etc.) podem ser considerados como os produtos parciais, enquanto o empreendimento como um todo é o produto completo (SACKS; RADOSAVLJEVIC; BARAK, 2010).

Porém, embora possam ser identificados na literatura maneiras de mensurar essa perda, não há muitas evidências de que sua medição esteja sendo utilizada em iniciativas de melhoria pela indústria da construção. Para Sacks, Treckmann e Rozenfeld (2009) isso se deve à dificuldade de visualizar o fluxo de trabalho em progresso na construção civil. Neste aspecto, os referidos autores apontam que a quantidade de trabalho em progresso se acumulando entre equipes de trabalho não são visíveis da mesma maneira que as pilhas de produto que constituem o trabalho em progresso podem ser vistas se acumulando entre estações de processamento.

Outro fator identificado na literatura como fonte para o surgimento dessa perda são as formas tradicionais de contratação na construção civil (SACKS; HAREL, 2006; SACKS; TRECKMANN; ROZENFELD, 2009). Para os referidos autores, esses contratos normalmente apresentam cláusulas de remuneração que encorajam a otimização local e enfraquecem a otimização global do empreendimento. Segundo Partouche (2009), esta situação conduz as equipes subcontratadas a preferirem trabalhos que forneçam uma maior produtividade, abrindo várias frentes de serviço, ao invés de seguir e completar as atividades em locais já iniciados.

O trabalho em progresso também pode ser resultado de falhas na integração entre o controle da produção e da qualidade, já que as equipes muitas vezes não concluem totalmente suas tarefas e se movem para outras frentes de trabalho, deixando o local em

espera para ser finalizado posteriormente. No presente trabalho, a ocorrência de falta de terminalidade em uma tarefa foi considerada uma evidência de trabalho em progresso.

2.2.2. Retrabalho

Na literatura, duas definições de retrabalho podem ser destacadas. A primeira delas é apresentada por Ashford (1992), o qual define retrabalho como o processo pelo qual um item entra em conformidade com os requisitos originais, seja por conclusão ou correção. Love e Li (2000), por sua vez, definem retrabalho como o esforço desnecessário para refazer o processo ou a atividade que foi executada incorretamente a primeira vez.

Baseado nessas definições, existem outros autores como Hwang *et al.* (2009) que abordam de maneira semelhante esta perda. Para os referidos autores, retrabalho significa ter que refazer um trabalho devido a não conformidade com os requisitos.

Uma discussão normalmente encontrada na literatura é se a perda por retrabalho também inclui o conceito de reparos. De acordo com Ashford (1992), reparo é definido como o processo de restaurar uma característica não conforme para uma condição aceitável, mesmo que o item possa não ficar em conformidade com o requisito original. Neste ponto, Love e Smith (2003) reforçam que após o retrabalho, o item não pode apresentar inconformidades, e sendo assim, os referidos autores defendem que apenas quando o reparo restaurar o item em concordância com os requisitos do cliente, este pode ser incluído no conceito de retrabalho.

Em suma, não há um consenso sobre a consideração de retrabalho como o ato de concluir itens incompletos em conformidade com os requisitos originais. Por outro lado, é possível concluir que retrabalho significa corrigir uma atividade ou processo que foi feito inicialmente, mas que não estava em conformidade com os requisitos originais.

Ainda é possível identificar na literatura várias interpretações que normalmente associam retrabalho a termos como desvios da qualidade (BURATI *et al.*, 1992; JOSEPHSON; LARSSON; LI, 2002), não conformidades (ASHFORD, 1992; HWANG *et al.*, 2009), e defeitos (BURATI *et al.*, 1992; JOSEPHSON; HAMMARLUND, 1999; LOVE; LI, 2002; OYEWABI *et al.*, 2011). Sommerville (2007) considera que um problema inerente das muitas publicações é derivado do fato

de que esses termos muitas vezes, erroneamente, foram vistos e usados de maneira intercambiável.

De certa forma, isto está atrelado à definição de cada um desses conceitos, pois, segundo Burati *et al.* (1992), dependendo da severidade de um desvio este pode ser classificado como uma imperfeição, uma não conformidade, ou um defeito. Para os referidos autores, defeito é considerado um desvio de severidade suficiente para requerer um retrabalho, enquanto imperfeição como um desvio que não afeta o uso ou o desempenho do produto, processo ou do serviço, e que na prática é um desvio normalmente aceito. A não conformidade, por sua vez, é apresentada por Burati *et al.* (1992) como um desvio com severidade suficiente para se rejeitar o produto, processo, ou serviço, mas que em algumas situações pode acabar sendo aceito como é e em outras, pode requerer retrabalhos.

Como consequência das diferentes interpretações existentes, Love (2002b) afirma que existe uma falta de uniformidade na maneira como os dados de custos de retrabalho têm sido coletados. Para Burati *et al.* (1992), os custos de retrabalho apresentados na literatura não devem ser considerados como indicativo, mas sim como fonte de referência.

A literatura também apresenta divergências quanto à origem das perdas por retrabalho. Para alguns autores as alterações de projeto ou mudanças nos pedidos do cliente são consideradas como uma das principais causas dessa perda (LOVE; MANDAL; LI, 1999; LOVE; LI, 2000; HWANG *et al.*, 2009). Porém, autores como Fayec, Dissanayake e Campero (2003) defendem que as alterações de pedidos do cliente não podem ser classificadas como retrabalho, pois são mudanças nos requisitos originais que estavam no escopo do contrato.

Burati *et al.* (1992) ainda apresentam como origem das perdas por retrabalho, as mudanças no método de transporte e do método construtivo, erros e omissões feitas durante a construção e a fabricação, como também erros e omissões de projeto.

2.3. PERDA POR *MAKING-DO*

Para Sommer (2010), *making-do* tem o sentido de gerenciar com o que se tem disponível, improvisar ou em uma linguagem mais coloquial “dar um jeitinho”. Como não existe em português uma tradução exata para *making-do*, no presente trabalho empregou-se o termo em inglês.

Koskela (2004) propôs o conceito de *making-do* como um tipo de perda que ocorre quando a tarefa é iniciada ou continuada sem que todos os recursos estejam disponíveis em sua forma padrão ou ótima. Para o mesmo autor, essas situações são comuns na construção civil devido à alta incerteza no fluxo de diversos recursos necessários para execução das tarefas.

De acordo com Koskela (2004), *making-do* pode ser considerado o oposto de *buffer*, pois um *buffer* de materiais significa que estes ficam esperando para serem processados, enquanto no *making-do* o processamento é iniciado antes da chegada dos materiais ou recursos necessários para a tarefa ser concluída. No entanto, o referido autor aponta que ambos são utilizados para acomodar o impacto da variabilidade na produção.

A importância de apenas iniciar a atividade quando todos os recursos necessários estão reunidos foi apontada por Ronen (1992), quando o mesmo apresentou o método do kit completo (KC). O referido autor definiu o kit completo como o conjunto de componentes, ferramentas, projetos e informações necessárias para completar um processo na manufatura.

Além do conceito de kit completo, Koskela (2004) apresenta outras duas fontes de inspiração que sustentam a conceitualização de *making-do* como uma perda na construção civil:

- A eficácia do planejamento e controle da produção pode ser melhorada a partir do momento em que apenas tarefas com pré-requisitos e recursos disponíveis para execução forem inseridas no plano de trabalho semanal (BALLARD, 2000);
- Koskela (2000) sugeriu que trabalhar em condições não adequadas pode ser considerado como uma das principais perdas na construção, sendo este

problema causado pela interferência entre tarefas e pela ausência de pré-requisitos para a execução da mesma.

Em suma, Koskela (2004) considera que o aumento de variabilidade causada pela perda por *making-do* pode elevar a quantidade de trabalho em progresso, bem como um aumento da parcela de atividades que não agregam valor e da complexidade no controle. Outras consequências apontadas pelos referidos autores são a redução da produtividade, diminuição da segurança e da motivação do trabalhador, bem como problemas de qualidade e retrabalho. A essa lista acrescenta-se ainda perdas de materiais, identificada por Sommer (2010) como um dos principais impactos gerados pelas perdas por *making-do*.

Apesar de Ronen (1992) não apresentar as principais causas das perdas por *making-do*, o referido autor apresenta três principais obstáculos básicos para utilizar o *kit* completo:

- Síndrome da eficiência: refere-se ao desejo de se maximizar a utilização de recursos, com base na premissa de que mantendo os funcionários ou equipamentos ocupados aumenta-se o desempenho dos mesmos;
- Pressão por resposta imediata: está baseada na percepção de que iniciando as tarefas o mais cedo possível, mesmo sem todos os recursos disponíveis, consegue-se concluí-la antes. Ocorre, normalmente, quando não existe confiança de que o fornecedor tem capacidade para concluir sua tarefa a tempo; e
- Divisão imprópria dos níveis de montagem: a redução do número de níveis de montagem pode fazer com que o número de componentes por kit aumente a um nível difícil de controlar e quase impossível para reunir em um determinado momento.

Koskela (2004) apresenta uma explicação para a ocorrência do *making-do*, relacionando esta à forma tradicional de gestão da construção civil:

- Em relação à síndrome da eficiência, o emprego da taxa de utilização como medição de desempenho é típico de uma gestão com foco em atividades que agregam valor (transformação). Normalmente, é negligenciado o fato de que o trabalhador e o equipamento podem estar ocupados realizando atividades que não agregam valor;

- O planejamento da produção do tipo empurrado é frequentemente adotado nos sistemas de gestão tradicionais. Assim, os materiais e outros pré-requisitos empurrados de acordo com o plano para as equipes, e espera-se que cada atividade, com todos os recursos disponíveis, possa, portanto, ser iniciada conforme o planejado. No entanto, na prática a variabilidade na execução da tarefa e nos fluxos dos recursos tende a ser muito alta, podendo resultar em situações em que a tarefa é executada mesmo com os recursos disponíveis em condição subótimas; e
- A predominância de um sistema de comunicação unidirecional na construção civil, onde se assume que as tarefas planejadas possam ser realizadas apenas por uma notificação de início da tarefa para o executor. Segundo Formoso *et al.* (2011), essas notificações são muitas vezes produzidas sem verificar se a quantidade mínima de recursos foi fornecida.

Por fim, Koskela (2004) argumenta que a dificuldade em controlar e reunir os recursos a tempo não está relacionada unicamente ao nível de montagem escolhido, mas também às características intrínsecas aos vários ambientes de produção. Koskela (2000) sugere que existe um conjunto de sete pré-requisitos, ou fluxos (Figura 2), para a realização de tarefas na construção civil, e que o grau de incerteza destes recursos contribui para compor o grau de incerteza envolvido na realização de cada.



Figura 2-Os pré-requisitos das tarefas da construção (adaptado de Koskela, 2000).

2.4. IMPROVISACÃO

Verjans (2005) define improvisação como a habilidade de desempenhar ou fornecer algo no impulso do momento. Ciborra (1998) explica que a improvisação acontece

Proposta de método de controle integrado entre produção e qualidade com mensuração de perdas por *making-do* e pacotes informais

quase instantaneamente e com poucas causas ou relações conhecidas. Dessa maneira, a criatividade pessoal, a flexibilidade e a experiência se tornam aspectos necessários para o improvisador (VERJANS, 2005).

De acordo com Cunha e Cunha (2008), a improvisação pode ser encarada como um desvio intencional, mas não planejado, dos processos e procedimentos prescritos. Para trabalhadores experientes, as instruções formais podem ser interpretadas não como um pré-plano para resolver um problema ou executar uma ação, mas como uma informação de entrada para abordar um problema, até o momento não especificado (CIBORRA, 1998).

Em suma, Cunha, Cunha e Kamoche (1999) afirmam que a improvisação pode ser analisada como a concepção da ação enquanto ela se desenrola, sendo que esta é elaborada aproveitando os recursos disponíveis, seja ele material, cognitivo, afetivo ou social.

2.4.1. As dimensões da improvisação

Segundo Cunha, Cunha e Kamoche (1999), a improvisação é composta por duas dimensões, a temporal, e a *bricolage*. Para os referidos autores, a dimensão temporal representa que na improvisação não há uma distância de tempo entre a concepção e a ação, ou em outras palavras, existe uma convergência da concepção na ação. Neste aspecto, Moorman e Miner (1998) definem improvisação como o grau no qual a composição e a execução convergem no tempo. Segundo estes autores, quanto mais improvisada for uma ação, menor é o espaço de tempo entre compor e desempenhar.

Para Cunha, Cunha e Kamoche (1999), a dimensão temporal apresenta três características principais que descrevem a improvisação: (a) ser deliberada, ou seja, acontece de maneira intencional; (b) ser extemporânea, ou seja, não é planejada; e (c) ocorre durante a ação.

Sobre a dimensão *bricolage*, Cunha (2004) a define como a invenção de recursos a partir dos materiais disponíveis com o objetivo de resolver problemas inesperados. Na mesma linha, Cunha, Cunha e Kamoche (1999) descrevem *bricolage* como a habilidade de construir soluções de acordo com os recursos disponíveis. Nesse sentido, *bricolage* está associada a um alto nível de especialização e criatividade (VERJANS, 2005).

Por outro lado, também existe na literatura a associação de *bricolage* à ineficiência (VERJANS, 2005). Para o referido autor, sob essa ótica, a *bricolage* é frequentemente relacionada ao ajuste ou reparo de danos ou falhas. De fato, quanto menor for o tempo para realizar determinada improvisação, maiores são as chances para ocorrência de *bricolage*, pois existe menos tempo para obter os recursos apropriados com antecedência (MOORMAN; MINNER, 1998).

2.4.2. Improvisação e a aprendizagem organizacional

Crossan e Sorrenti (1997) analisam a improvisação como um aspecto importante da gestão, e uma parte crítica da aprendizagem organizacional. Neste aspecto, Cunha e Rego (2008) argumentam que a improvisação facilita a inovação por meio de ações emergentes, as quais são propostas sem se conhecer o seu resultado final. Dessa maneira, permite que as organizações resolvam problemas inesperados ou identifiquem oportunidades de melhorias (CUNHA; CUNHA, 2008).

Crossan e Sorrenti (1997) e Vera e Crossan (2005) salientam que existe uma suposição geral na literatura que improvisação sempre conduz para resultados positivos e melhores desempenhos. No entanto, Crossan e Sorrenti (1997) salientam que o resultado da improvisação não é necessariamente bom, visto que, existe uma variabilidade tanto na qualidade da ação quanto a sua adequação às várias situações. Mas, afirmam que conhecendo melhor a improvisação, pode-se aumentar a qualidade da ação.

De fato, mesmo que a improvisação não resulte em uma solução eficiente e satisfatória, a aprendizagem e o processo em si podem ter uma ação pontual sobre o problema enfrentado, gerando uma nova questão, aprendizagem por erros ou esquecimento (FLACH, 2010). Nesse ponto, o referido autor apresenta algumas considerações importantes sobre a aprendizagem a partir da improvisação:

- A improvisação permite aprender a correr riscos: pode auxiliar o indivíduo a compreender a importância de não somente focar as atividades de planejamento e controle, mas também aprender a aceitar e lidar com problemas imprevistos. O indivíduo pode aprender a correr riscos e a manter suas práticas e improvisações de acordo com os objetivos da organização;

- O surgimento da necessidade de improvisar reflete o caráter transformacional do contexto de trabalho: é importante conhecer e aprender sobre o contexto, suas normas, regras, para que a improvisação não traga prejuízos para a organização;
- Tarefas que exigem constantes improvisações podem apontar falhas: estas falhas podem ser relacionadas a deficiências de aprendizagem, improvisações realizadas anteriormente em função de erros na realização de tarefas, situações caóticas, e falta de estrutura ou de planejamento.

Flach (2010) alerta que nem toda improvisação ocasiona aprendizagem e que a ocorrência desta depende principalmente da área da organização em que é realizado, das normas, da pressão do tempo e do contexto. Formoso *et al.* (2011) consideram importante compreender que as improvisações podem ter impactos positivos e negativos. Para os referidos autores, melhorias que forem concebidas informalmente através de uma improvisação devem ser devidamente documentadas e disseminadas, de maneira que possa trazer benefícios para a organização no longo prazo.

2.5. RELAÇÃO ENTRE *MAKING-DO* E IMPROVISAZÃO

Formoso *et al.* (2011) sugerem que existe uma forte relação entre *making-do* como uma forma de perda e o conceito de *bricolage*. Os mesmos autores argumentam que como *making-do* é consequência de falhas na gestão de processos a montante, é razoável se esperar que exista muitas situações nas quais o funcionário envolvido cria novas formas de realizar a tarefa, usando os recursos disponíveis.

Dessa maneira, Formoso *et al.* (2011) afirmam que os esforços para eliminar *making-do* devem considerar que algum grau de improvisação deve ser considerado normal, e até mesmo desejável. Ainda, os autores apontam que em algumas situações pode ser difícil se observar onde uma improvisação é resultado da ausência de recursos padrão ou se é simplesmente resultado da iniciativa da pessoa que está envolvida no trabalho.

Uma das limitações existentes na literatura sobre improvisação, de acordo com Formoso *et al.* (2011), está no fato da improvisação e a adoção de procedimentos padrão serem posicionadas como situações opostas. De fato, Cunha (2004) defende que a existência de mecanismos de controle visuais, tais como o controle da atividade através de normas e procedimentos, impede o comportamento espontâneo e desencoraja o uso de materiais

não tradicionais, pois reduz a sensação de domínio e autonomia necessária para a *bricolage* acontecer.

Nesse aspecto, Formoso *et al.* (2011) aponta que a literatura não destaca a existência de outros mecanismos que podem ser usados para conceber novas formas de trabalho, de preferência adaptando os procedimentos padrão, e ajustando os objetivos das tarefas, usualmente com a participação das equipes.

2.6. MÉTODO PARA IDENTIFICAÇÃO DE PERDAS POR *MAKING-DO*

O método proposto por Sommer (2010) apresenta três grandes grupos (Figura 3). O primeiro grupo busca identificar as perdas por *making-do*, o segundo avaliar o impacto das perdas identificadas, enquanto o terceiro grupo identifica os pré-requisitos ou pré-condições necessários para haver condições adequadas de trabalho.

De acordo com a referida autora, a partir do planejamento são definidos os pacotes de trabalho a serem executados e as perdas por *making-do* são identificadas quando não há condições de trabalho e por isso são utilizadas alternativas ou improvisações para que o trabalho não seja interrompido. A referida autora ainda alerta que a aplicação do método deve considerar que essas perdas podem ou não gerar algum impacto na produção, não prejudicando a execução dos pacotes.

Sommer (2010) aponta que as categorias de perdas propostas foram criadas após diversas revisões no banco de dados e se baseiam nos trabalhos de Santos (2004) e Machado (2003). A seguir, seguem as definições das categorias de perdas criadas:

- Acesso/mobilidade: Relativo ao espaço, meio ou forma de posicionamento de quem executa as tarefas;
- Ajustes de componentes: artifícios para uso de componentes não adequados à realização das tarefas;
- Área de trabalho: Refere-se à bancada de trabalho ou área de apoio durante as atividades realizadas;

- Armazenamento: Organização de materiais ou componentes em locais não preparados para o seu recebimento;
- Equipamentos/ferramentas: criados ou adaptados para uso durante as atividades
- Instalações provisórias: criados ou adaptados para uso durante as atividades
- Proteção: Forma de uso dos sistemas de proteção.

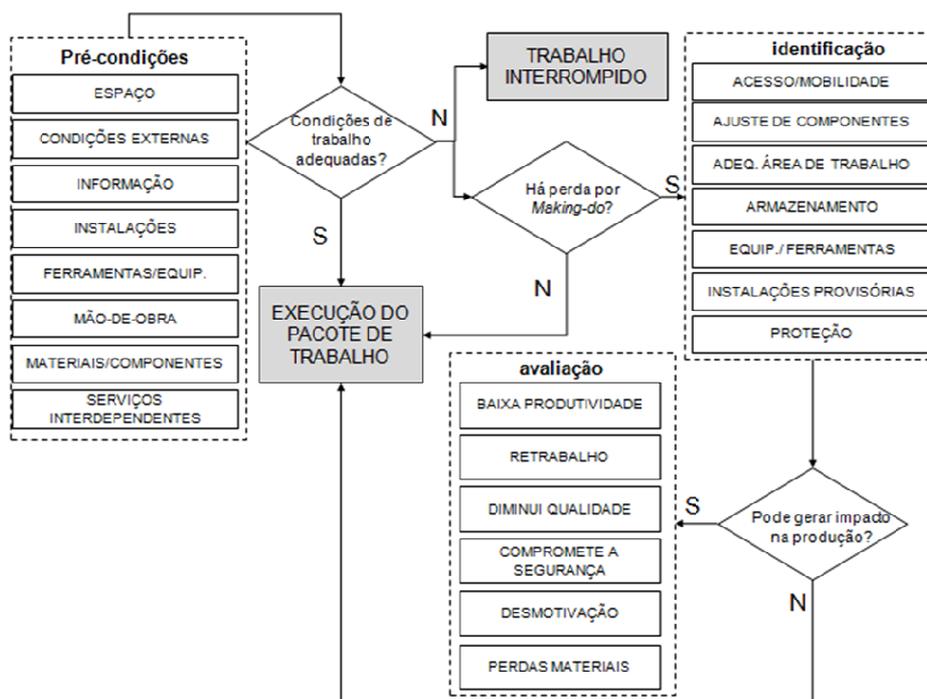


Figura 3- Método de identificação de perdas por *making-do* (SOMMER, 2010)

Quanto às categorias de pré-requisitos ou pré-condições propostas, estas consideram os setes fluxos apresentados por Koskela (2000) e ainda acrescenta a categoria instalações. Dessa maneira, elas são categorizadas por Sommer (2010) da seguinte maneira:

- Informação: não estão disponíveis informações adequadas referentes a projetos, planos, estudos, ou procedimentos, necessárias para execução dos pacotes de trabalho;
- Materiais e componentes: não são previstos, disponíveis ou adequados à atividade com qualidade, quantidade e dentro das especificações de projeto e normas;

- Mão de obra: não estão disponíveis os recursos humanos necessários, em número ou qualificação;
- Equipamentos: não estão disponíveis, não funcionam ou não são adequados às tarefas;
- Espaço: não há acesso à área de trabalho, circulação ou armazenados às tarefas;
- Serviços interligados: atividades com alta interdependência comprometem a execução das tarefas subsequentes;
- Condições externas: vento, chuva ou temperaturas extremas;
- Instalações: não atendem as necessidades para execução dos pacotes de trabalho, incluem-se: instalações elétricas e hidráulicas provisórias, instalações para segurança do canteiro, isolamento das áreas de estoque, andaimes e fechamentos.

Quanto ao impacto, a autora considerou os principais impactos que a perda por *making-do* pode ocasionar na produção apresentados na literatura. Nesse ponto, foram considerados como possíveis impactos a diminuição da produtividade, a redução da qualidade, retrabalho, perdas de material, redução da segurança e a desmotivação.

O procedimento de coleta de dados apresentados por Sommer (2010) considerava que a cada perda por *making-do* realizada, um registro fotográfico deveria ser feito. Além disso, a mesma autora aponta que como as perdas podem estar relacionadas à falha na disponibilização de mais de um pré-requisito, sua análise foi limitada a três pré-requisitos, de forma a delimitar a quantidade de dados a ser processados. Processo semelhante foi empregado na análise dos impactos da perda por *making-do*, no qual a análise foi limitada a três impactos.

A construção e aplicação do método de identificação de perdas por *making-do* realizado por Sommer (2010) forneceu algumas contribuições para os estudos destas perdas em obra, merecendo destaque para:

- Identificação da relação entre a perda por *making-do* e o conceito de improvisação;

- A análise das improvisações deve levar em conta que algumas delas se referem às técnicas e condições de trabalhos adotados no Brasil e, portanto, envolvem alguns aspectos culturais. Neste caso, muitas das improvisações são aceitas como situações normais em um canteiro de obras e podem ser vistas como soluções contingenciais para que não haja interrupção da produção;
- Identificação de relevantes oportunidades de melhorias que devem ser priorizadas. Como por exemplo, que as perdas por *making-do*, podem ser dramaticamente reduzidas pela melhoria do acesso e disponibilidade de áreas de trabalho, e da configuração de infraestrutura (elétrica, fornecimento de água, proteção e equipamentos) de cada tarefa (FORMOSO *et al.*, 2011);
- Identificação de que a perda por *making-do* é a principal causa raiz de outros tipos de perdas, como o desperdício de material, acidentes, retrabalho.

Além disso, Formoso *et al.* (2011) destaca que a aplicação do método de identificação de perdas por *making-do* permitiu a proposição de um conjunto de estratégias para evitar estas perdas:

- Elaborar e aplicar procedimentos padrão: por exemplo, desenvolver guias de melhores práticas ou mesmo fazer melhor uso dos já existentes sistemas formais de gestão, tais como aqueles de gestão da qualidade, e saúde e segurança do trabalho. Além de descrever o conjunto de passos para desempenhar a tarefa, tais procedimentos devem também estabelecer os recursos padrão;
- Projeto de operações puxado: devido às propriedades emergentes do sistema produtivo da construção, é razoável se esperar que o projeto de várias operações não possa ser totalmente padronizado ou planejado com antecedência, ao nível de empresa ou indústria. Dessa maneira, diferentes abordagens podem ser usadas, como *first-run-studies* (BALLARD, 2000), prototipagem (SAFFARO,2007), modelagem 4D, ou a combinação dos dois;
- Integração entre os sistemas existentes: alguns casos da perda por *making-do* podiam ser evitadas se existisse uma melhor integração entre os sistemas atuais de gestão, principalmente o planejamento e controle da produção, gestão da qualidade, e gestão da segurança.

3. CONTROLE DA PRODUÇÃO

Este capítulo inicialmente apresenta a visão tradicional de controle e após, discute o sistema *Last Planner*, o qual foi enfatizado por ter um papel importante na redução de perdas por *making-do*. Por fim, são apontadas algumas limitações na aplicação do sistema *Last Planner*, que são relevantes para o presente estudo.

3.1. VISÃO TRADICIONAL DE CONTROLE

Laufer e Tucker (1987) definem controle como o processo que garante que o curso das ações seja mantido e as metas desejadas sejam alcançadas. Para os referidos autores, o controle envolve medir e avaliar o desempenho e realizar ações corretivas quando o desempenho divergir do planejado. Formoso (1991) destaca que o planejamento só faz sentido quando integrado ao controle, ou seja, o planejamento só é efetivo quando seguido do controle. Segundo Laufer e Tucker (1987), o formato dos planos e o nível de detalhe devem ser determinados com o objetivo em mente de facilitar o controle da produção.

Apesar de sua importante função, é possível identificar na literatura críticas a respeito do modelo de controle tradicionalmente empregado na construção civil e as consequências relacionadas às falhas que estão inseridas no mesmo. Este modelo de controle normalmente apresenta como objeto de controle termos como tempo e recursos (BALLARD, 2000). Para o referido autor, os recursos (horas de trabalho, material, equipamentos, etc.) são planejados e controlados através de um sistema de controle, cujo objetivo é elevar a produtividade, ou seja, maximizar eficiência no uso dos recursos. Dessa maneira, o uso de cada recurso é monitorado de acordo com seu orçamento e previsões periódicas são feitas sobre a necessidade de recursos, baseado no estado atual do empreendimento (BALLARD, 2000). O controle do tempo, por sua vez, envolve o monitoramento do progresso das atividades de acordo com o cronograma e a

previsão de quando o trabalho será concluído. Assim, o objetivo do controle do tempo é o progresso, não a produtividade (BALLARD, 2000).

Tal modelo de controle é apresentado por Koskela (2004) como do tipo termostato, por medir o desempenho na saída, comparando o mesmo a uma meta previamente estabelecida. Nesse ponto, a possível variação entre o padrão e o valor medido é usada para corrigir o processo de maneira que a meta possa ser alcançada. O referido autor alerta que por atuar com termos não discretos como, por exemplo, tempo, dinheiro e área, este modelo de controle torna o início da tarefa convidativo, mesmo que haja recursos para executar apenas uma parcela da mesma.

Ronen (1992) também crítica o ponto de controle usualmente empregado ser ao final do processo. O referido autor sugere que o controle deveria ser feito em um estágio anterior ao início do processo, mais especificamente em um ponto crítico, no qual as ações corretivas ainda podem ser tomadas. Dessa maneira, seria possível evitar o surgimento de perdas na construção, em especial a perda por *making-do*.

Além disso, Ballard (2000) aponta que uma falha clara nesse modelo de controle é que a produtividade dos recursos pode estar de acordo com o orçamento e o progresso de acordo com o previsto, mas pode não estar sendo feito o trabalho certo, na maneira certa, e no momento ideal. Nesse aspecto, embora possa parecer que a obra está no caminho certo, o trabalho que está sendo produzido pode não estar conforme com os requisitos de qualidade do produto ou requisitos de qualidade do processo, o que para o referido autor, faz com que o controle da qualidade seja considerado um mecanismo de controle separado.

De certa forma, tal falha está associada à visão predominante na construção civil de que se estão sendo cumpridos seus compromissos contratuais, não é relevante a maneira que as equipes realizam seu próprio trabalho (BALLARD; HOWELL, 1998). Sob esta visão, o controle da produção fica mais focado em entregar o produto do que reduzir as perdas e os problemas da qualidade (KOSKELA; BALLARD, 2003), e ainda, isenta as equipes da responsabilidade pelo controle da qualidade, passando esta função para um departamento específico (BALLARD, 2000).

Além disso, Ballard e Howell (1996) afirmam que tomar decisões sobre as causas ou ações corretivas para os desvios, confiando apenas em dados de produtividade e

progresso (ou avanço físico), sem entender o fluxo de trabalho, pode gerar resultados limitados. Neste ponto, a disparidade existente entre os objetivos individuais das equipes de trabalho e o objetivo de estabilizar o fluxo da produção como um todo propiciam interrupções no fluxo das equipes de produção (SACKS; RADOSAVLJEVIC; BARAK, 2010).

Por fim, cabe destacar que o foco do controle deveria ser em identificar as causas dos desvios e agir sobre as mesmas, ao invés de apenas alterar o nível de desempenho para alcançar uma meta predeterminada (KOSKELA; HOWELL, 2002). Para Koskela (1992), a aprendizagem intrínseca de um processo de melhoria deve estar também inserida no controle, para que este passe a ter como objetivo eliminar a fonte dos problemas, em vez de lidar com seus efeitos.

3.2. SISTEMA *LAST PLANNER* DE CONTROLE DA PRODUÇÃO

Ballard (2000) apresenta o sistema *Last Planner* (LPS) como um método de controle explicitamente dedicado à redução e gestão da variabilidade, com o objetivo principal de melhorar a confiabilidade do fluxo de trabalho. Sacks, Radosavljevic e Barak (2010) afirmam que o LPS consegue proteger a produção contra os efeitos da variabilidade a partir de planos semanais mais confiáveis. Para alcançar este propósito, o sistema *Last Planner* apresenta uma estrutura hierárquica pautada em três níveis (BALLARD, 2000): Planejamento de Longo Prazo, Planejamento de Médio prazo (*lookahead*), e o planejamento de curto prazo (ou de comprometimento).

Para Formoso *et al.* (1999), o planejamento de longo prazo tem como principal produto o plano mestre (*master plan*), que define os ritmos em que deverão ser executados os principais processos de produção. Segundo os mesmos autores, eventuais mudanças no andamento da obra, motivadas por atrasos na execução, mudanças no fluxo de receitas ou por outros fatores tornam necessária à atualização periódica do plano mestre.

No planejamento de médio prazo, as etapas do plano mestre são desmembradas em um nível de detalhes apropriado para se tornarem atribuições e após uma transformação do que **deve** ser feito para o que **pode** ser feito, forma-se um estoque de atribuições livres de restrições, a partir do qual pode ser formado o pacote de trabalho semanal (BALLARD, 2000).

Proposta de método de controle integrado entre produção e qualidade com mensuração de perdas por *making-do* e pacotes informais

Segundo Formoso *et al.* (1999), o planejamento de curto prazo é geralmente realizado em ciclos semanais, sendo caracterizado pela alocação de pacotes de trabalho a equipes. Muitas vezes, os pacotes de trabalho previstos no médio prazo são fracionados em lotes menores. Estes pacotes devem ser definidos com base em uma negociação, na qual os participantes da reunião de curto prazo (os “últimos planejadores”), tais como mestres, encarregados e sub-empregados, comprometem-se com as metas semanais, sendo por isso conhecido como planejamento de comprometimento (FORMOSO *et al.* 1999).

Além da estrutura hierárquica, o LPS é fundamentado em dois componentes principais: controle da unidade de produção e controle do fluxo de trabalho. O primeiro tem como função melhorar progressivamente as atribuições para os trabalhadores através do aprendizado contínuo e a ação corretiva, enquanto o segundo componente procura estabilizar o fluxo de trabalho (BALLARD, 2000).

3.2.1. Controle da unidade de produção

Segundo Ballard (2000), um dos papéis do LPS é coordenar as equipes na execução do trabalho dentro da unidade de produção³. O mesmo autor considera a qualidade nos planos produzidos no curto prazo, o ponto chave para o desempenho das equipes. Para que isto seja atingido, propõe um conjunto de critérios de qualidade para a elaboração de planos de curto prazo:

- Pacotes de trabalho bem definidos: devem permitir que se verifique claramente sua conclusão ao final da semana (BALLARD; HOWELL, 1998). Marchesan (2001) sugere que os pacotes de trabalho sejam definidos através da designação de uma ação, de um elemento e de um local (por exemplo, executar cerâmica do apartamento 201).
- Sequência certa de trabalho: consiste na lógica interna do trabalho propriamente dito, objetivos do empreendimento e a estratégia de execução (BALLARD, 2000).

³ Unidade de produção é apresentada por Ballard (2000) como grupo de trabalhadores diretos da produção que fazem ou compartilham responsabilidades por um trabalho semelhante, aproveitando as mesmas habilidades e técnicas.

- Quantidade certa de trabalho: o pacote de trabalho deve ser dimensionado em função da capacidade de trabalho de cada equipe (BALLARD; HOWELL, 1998).
- Trabalho selecionado é factível: todos os pré-requisitos e recursos devem estar disponíveis para equipe executar o trabalho (BALLARD, 2000).

O controle da unidade de produção é efetivo através do PPC (percentual de pacotes concluídos). De acordo com Ballard (2000), este indicador corresponde ao número de pacotes concluídos dividido pelo número de pacotes planejados na semana, devendo ser rastreados os pacotes de trabalho que não foram concluídos durante a semana e identificadas as razões por não terem sido realizados, criando um ciclo de aprendizagem (Figura 4).

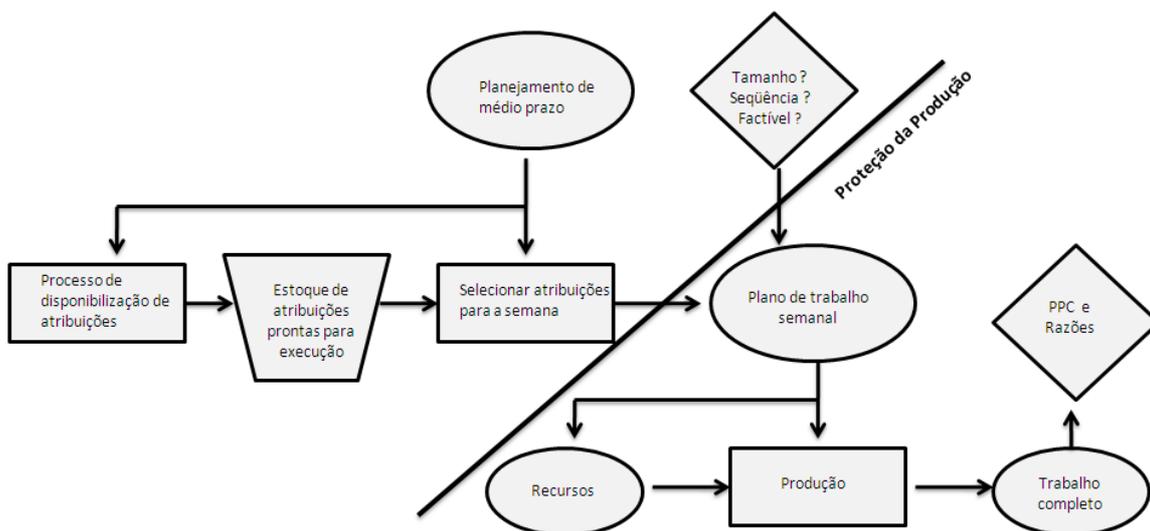


Figura 4-Mecanismo de proteção da produção proposto por Ballard; Howell (1998)

Como pode ser verificado na Figura 4, a definição de pacotes de trabalho seguindo os critérios de qualidade faz parte de um mecanismo de proteção da produção (*shielding protection*) que busca lidar com a incerteza que existe no fluxo de trabalho e, assim, criar um ciclo de comprometimento com as equipes e fornecedores (BALLARD; HOWELL, 1998). De fato, a proteção da produção inicia no planejamento de médio prazo a partir da identificação e remoção sistemática de restrições das atribuições programadas. No entanto, Ballard (2000) comenta que, devido a sua natureza de curto prazo, este mecanismo não consegue evitar que os recursos estejam com sua capacidade

limitada quando o fluxo de trabalho estiver fora de sequência ou em quantidade insuficiente.

3.2.2. Controle do fluxo de trabalho

Outro papel importante do LPS é permitir que o trabalho se mova na sequência e ritmo desejados entre as unidades de produção (BALLARD, 2000). É no nível de planejamento de médio prazo que é feita a coordenação do fluxo de projetos, suprimentos e instalações entre as unidades de produção (BALLARD, 2000).

Conforme discutido anteriormente, as etapas definidas no plano mestre são decompostas no planejamento de médio prazo, em um grau de detalhes apropriado para depois se tornarem atribuições no plano de trabalho semanal. Segundo Ballard (2000), o plano de médio prazo abrange um horizonte entre 3 a 12 semanas (dependendo do empreendimento), e sua regra geral consiste na triagem dos pacotes de trabalho que podem ser concluídos conforme a programação.

Uma vez definidos os pacotes de trabalho, estes são submetidos a um processo conhecido como *make-ready*, que inclui todas as ações para identificar e remover restrições, a fim de tornar estes pacotes prontos para execução (BALLARD; HOWELL 1998). Bernardes (2001) cita como exemplos de fontes de restrições: cláusulas contratuais, projeto inacabado, processo de aprovação de projetos, não disponibilidade de recursos, problemas na execução de pacotes predecessores àquele que está sendo planejado, entre outras.

Tommelein e Ballard (1997) apontam que a janela de tempo fornecida pelo planejamento de médio prazo permite ao planejador criar, com certa antecedência, um conjunto de ações para puxar os recursos ou mesmo postergar as atividades, caso seja necessário e desejável.

Para Ballard (2000), o mecanismo de puxar o que é necessário e a quantidade necessária quando requisitado auxilia a balancear a quantidade de trabalho à capacidade dos recursos, e assim torna possível manter um estoque de pacotes de trabalho prontos para execução em cada unidade de produção.

3.3. LIMITAÇÕES NA APLICAÇÃO DO SISTEMA *LAST PLANNER*

Podem ser identificadas na literatura algumas limitações relacionadas à maneira como o sistema *Last Planner* vem sendo aplicado na construção civil. Tais limitações dificultam a redução da variabilidade e da incerteza, impactando no desempenho das atividades, e na estabilidade do fluxo de trabalho.

3.3.1. Falha na identificação de restrições

Embora o planejamento de médio prazo seja muito importante para o sistema produtivo, estudos na literatura demonstram que sua implementação, especialmente na remoção sistemática de restrições, tem tido limitado sucesso (BORTOLAZZA; COSTA; FORMOSO, 2005; MOURA, 2008; RECK, 2010; SOMMER, 2010).

Reck (2010) e Sommer (2010) identificaram que o foco da análise de restrições, normalmente, está limitado à identificação de restrições relacionadas aos recursos materiais. Ainda, Sommer (2010) constatou que restrições relacionadas a instalações provisórias, espaço, informação eram frequentemente negligenciadas pela equipe de gestão.

Formoso *et al.* (2011) sugerem que pouca atenção é dada a algumas decisões que têm grande impacto nas atividades de fluxo, tais como o projeto e instalação da infraestrutura do trabalho (proteções coletivas, andaimes, abastecimento de água e energia, por exemplo) ou no controle do uso de espaços na construção civil. Quanto às restrições relacionadas à informação, Formoso *et al.* (2011) defendem que estas são relacionadas a ausência de procedimentos operacionais ou instruções de trabalho para desempenhar as atividades.

As restrições relacionadas à segurança do trabalho também foram apontadas por Sommer (2010) como restrições que normalmente são negligenciadas durante as reuniões de médio prazo. Nesse ponto, a consideração dessas restrições é de grande importância para a produção, pois, baseado em um número limitado de estudos de caso, Saurin (2002) identificou que as restrições de segurança representam entre 27 a 41% das restrições totais presentes no planejamento de médio prazo.

3.3.1.1. Restrições em pacotes decorrentes da falta de terminalidade

Segundo Alves (2000), a falta de terminalidade dos pacotes de trabalho exige visitas posteriores por parte de uma equipe ao mesmo posto de trabalho. No entanto, Alves (2000) e Saurin (2002) constataram que as tarefas relacionadas à falta de terminalidade, normalmente, eram executadas sem que todas as restrições estivessem sido removidas.

Os mesmos autores identificaram que restrições relacionadas ao espaço necessário para execução das atividades e para movimentação e estocagem de materiais eram negligenciados em pacotes gerados em decorrência da falta de terminalidade. Ainda, Saurin (2002) aponta que as restrições relacionadas a equipamentos e procedimentos operacionais não são analisadas para o novo contexto em que a atividade será realizada.

Como consequência, Alves (2000) aponta que a falta de identificação dessas restrições pode resultar na necessidade de retrabalhos, visto que, a circulação de pessoas e materiais por áreas já concluídas poderia causar danos às tarefas executadas. Por sua vez, Saurin (2002) identificou que a falta de terminalidade faz com que os complementos da tarefa sejam executados em condições de segurança inferiores às condições existentes caso a tarefa tivesse sido finalizada em uma única oportunidade.

De fato, a realização de tarefas decorrentes da falta de terminalidade de um serviço requer que as restrições anteriormente removidas sejam novamente analisadas, bem como sejam removidas as novas restrições que emergiram devido ao contexto atual em que a atividade será realizada.

3.3.2. Informalidade do planejamento e controle da produção

A partir de estudos exploratórios, Soares (2003) identificou que cerca de 10 a 20% dos pacotes executados durante a semana eram informais, ou seja, eram realizados mesmo sem terem sido planejados na reunião de curto prazo. O referido autor afirma que mesmo em empresas que o sistema *Last Planner* encontra-se em fase de aperfeiçoamento ainda existe certo grau de informalidade presente no processo de planejamento e controle da produção.

Para Bernardes (2001), apesar da informalidade do PCP conferir certo grau de agilidade ao processo decisório, ela pode trazer as seguintes consequências ao planejamento dessas empresas:

- Dificuldade de desenvolver um processo de aprendizagem durante o desenvolvimento do processo de planejamento, baseado em dados que possibilitem a identificação dos efeitos das decisões tomadas para correção de desvios;
- Falta de uma referência para preparação de futuros planos e de atualizações mais precisas ao longo da obra, visto que não são coletados alguns dados de controle da produção;
- Dificuldade de se estabelecer metas mais realistas com o estado da produção, pois não se conhece a capacidade real de trabalho dos funcionários;
- Impossibilidade de se detectar as reais causas dos problemas em função dos quais as metas dos planos não são cumpridas, como forma de se realizar ações corretivas para que tais problemas não ocorram novamente.

3.3.3. Integração com o controle da qualidade

Marosszeky *et al.* (2002) sugere a integração do controle da qualidade no sistema *Last Planner*. Os autores defendem que os elementos chave do *Last Planner*, como a revisão, a medição de desempenho, a resolução de problemas, e o *feedback*, também podem ser utilizados para eliminar a causa dos defeitos e alcançar a melhoria contínua da qualidade.

Sukster (2005) verificou que com a remoção de restrições e gestão de fluxos físicos no plano de médio prazo e com o comprometimento das equipes no plano semanal, o *Last Planner* pode contribuir para a execução das tarefas de acordo com os requisitos de qualidade. Ainda, o referido autor afirma que o emprego de indicadores que avaliam a qualidade dos pacotes de trabalho concluídos semanalmente permite reduzir o número de retrabalhos e perdas.

No entanto, Righi e Isatto (2011) apontam que a integração do *Last Planner* ao sistema da qualidade é prejudicada principalmente pela dificuldade no estabelecimento de um padrão único de definição dos pacotes de trabalho para ambos os sistemas. Para os referidos autores, dois fatores dificultam a definição de um único critério para ambos os sistemas:

- Estratégia adotada para definição dos pacotes de trabalho: a elaboração de pacotes de trabalho do curto prazo de maneira similar a divisão de serviços nas planilhas de controle da qualidade pode privilegiar uma melhor aderência entre os sistemas. Por outro lado, a elaboração pode privilegiar uma melhor previsibilidade da obra através de um detalhamento mais rico e fiel dos pacotes de trabalho, à custa, porém, de uma perda da aderência entre os sistemas de PCP e da qualidade;
- Fase da obra: nas obras que estão em estágios iniciais, às deficiências de integração ocorrem principalmente devido a não previsão de pacotes relacionados ao processo produtivo no sistema de qualidade da empresa, particularmente os pacotes relacionados com as instalações de segurança e com o sistema logístico interno da obra. Quanto às obras em estágios finais, a dificuldade de integração está relacionada ao fato de que as tarefas consistem, em sua maioria, de retrabalhos ou falta de terminalidade. Nestes casos, tais tarefas provavelmente foram dadas como concluídas anteriormente pelo sistema de PCP, mas não foram avaliadas pelo sistema da qualidade, o que faz com que retornem à programação semanal, porém sem procedimentos específicos de recebimento.

4. MÉTODO DE PESQUISA

Neste capítulo é apresentado o método de pesquisa empregado na condução deste trabalho. Inicialmente é discutida a estratégia e o delineamento da pesquisa e, posteriormente, são descritas as etapas do trabalho.

4.1. ESTRATÉGIA DE PESQUISA

Neste trabalho foi utilizado um procedimento de pesquisa conhecido com *constructive research* (pesquisa construtiva) ou *design science*, o qual, pode ser conduzido sob diferentes estratégias de pesquisa, tais como múltiplos estudos de caso (LUKKA, 2003; HOLMSTRÖM; KETOKIVI; HAMERI, 2009), e a pesquisa-ação (HOLMSTRÖM; KETOKIVI; HAMERI, 2009).

A pesquisa construtiva visa produzir construções inovadoras, destinadas a resolver problemas enfrentados no mundo real e, assim, contribuir para a teoria no campo a qual é aplicada (LUKKA, 2003). Neste aspecto, o referido autor afirma que a nova construção desenvolvida e implementada deve ser considerada como um instrumento de teste em uma tentativa de ilustrar, testar ou refinar uma teoria, ou até mesmo desenvolver um sistema totalmente novo.

De acordo com Lukka (2003), a pesquisa construtiva apresenta as seguintes características fundamentais: (a) foca em problemas considerados relevantes no mundo real para ser resolvido na prática; (b) produz uma construção inovadora destinada a resolver o problema do mundo real; (c) inclui uma tentativa de execução da construção e, assim, desenvolve um teste para sua aplicabilidade prática; (d) implica um envolvimento e cooperação muito íntima entre o pesquisador e a organização envolvida na pesquisa; (e) é explicitamente associado ao conhecimento teórico prévio; e (f) presta especial atenção à reflexão dos resultados empíricos em relação ao referencial teórico.

4.2. DELINEAMENTO

A Figura 5 apresenta o delineamento deste trabalho, qual foi dividido em quatro etapas: (1) compreensão; (2) estruturação do método; (3) consolidação do método; (4) avaliação dos resultados e proposição do método final. Este delineamento apresenta uma estreita relação com o processo típico de pesquisa construtiva, proposto e definido por Lukka (2003), conforme segue: (a) encontrar um problema com relevância prática; (b) obter entendimento profundo sobre o tópico; (c) desenvolver uma construção para o problema; (d) implementar e testar a solução; (e) examinar o escopo de aplicabilidade da solução; (f) identificar e analisar a contribuição teórica.

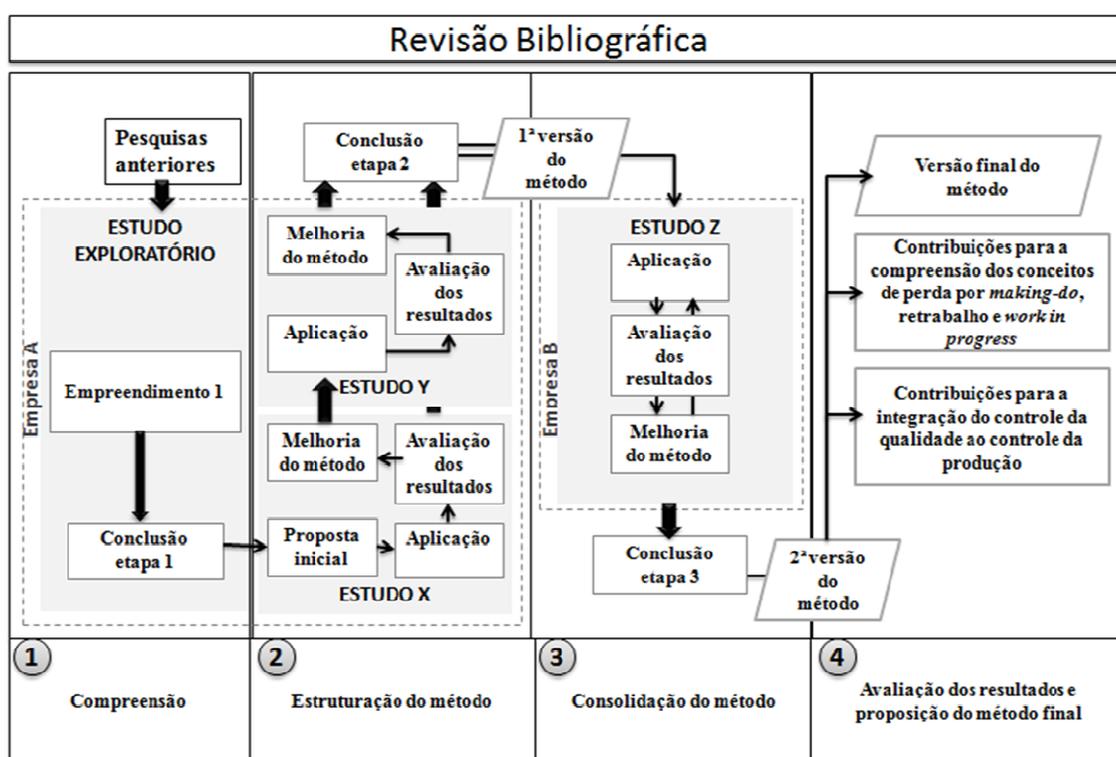


Figura 5- Delineamento da pesquisa

A pesquisa foi iniciada através de uma revisão bibliográfica inicial, na qual se buscou sugestões de pesquisa em trabalhos anteriores e, também, identificar lacunas existentes na literatura, as quais direcionaram o foco do trabalho para a inserção do conceito *making-do* em sistemas de controle da produção. Cabe salientar que a revisão bibliográfica se estendeu por toda a duração do trabalho e teve a função de fornecer ao pesquisador todo embasamento teórico necessário.

Na primeira etapa, foi realizado um estudo exploratório em um empreendimento pertencente à empresa A, no qual foi acompanhado o processo de PCP, o sistema de gestão da qualidade e a execução das atividades no canteiro, e contemplou a aplicação do método de identificação perdas por *making-do* proposto por Sommer (2010). O acompanhamento resultou em um diagnóstico do sistema de gestão da empresa e proporcionou ao pesquisador uma maior experiência prática sobre o controle da produção na construção civil. Ainda, auxiliou na concepção de uma proposta inicial para o método, o qual era composta por dois módulos (Figura 6): o módulo de identificação de perdas por *making-do*, que consistia no método proposto por Sommer (2010), e o módulo de identificação de pacotes informais.

Estudo	Estudo Exploratório	Estudo de caso X	Estudo de caso Y	Estudo de caso Z
	Módulo de identificação de perdas por <i>making-do</i> ①	Módulo de identificação de perdas por <i>making-do</i> ①	Módulo de identificação de perdas por <i>making-do</i> ①	Módulo de identificação de perdas por <i>making-do</i> ①
Método	Módulo de identificação de pacotes informais ②	Módulo de identificação de pacotes informais ②	Módulo de identificação de pacotes informais ②	Módulo de identificação de pacotes informais ②
			Módulo de controle integrado produção e qualidade ③	Módulo de controle integrado produção e qualidade ③
Objetivo	•Proposta Inicial	•Refinar o módulo de perdas por <i>making-do</i> •Estruturar o módulo de pacotes informais	•Consolidar o procedimento de coleta dos módulos 1 e 2 •Estruturar o módulo de controle integrado	•Proposta da versão final

Figura 6-Evolução do método de controle

A análise dos resultados encontrados na primeira etapa permitiu refinar os objetivos da pesquisa, o qual passou a ter como foco o desenvolvimento de um método de controle integrado produção e qualidade, com mensuração de perdas por *making-do* e pacotes informais. Assim, a etapa de compreensão contemplou as fases (a) e (b) de uma

pesquisa construtiva – encontrar um problema com relevância prática e obter conhecimento profundo sobre o tópico, respectivamente.

Na segunda etapa da pesquisa foram desenvolvidos dois estudos empíricos com a finalidade de estruturar os módulos que compõem o método. Os estudos X e Y ocorreram em outros dois empreendimentos da empresa A, de maneira sequencial, sendo que o estudo Y iniciou após conclusão do estudo X.

O estudo X tinha como objetivo refinar o método de identificação de perdas por *making-do*, e estruturar o módulo de identificação de pacotes informais. Quanto ao estudo Y, este tinha a finalidade de refinar o procedimento de coleta e tratamento de dados, e os instrumentos de coleta destes dois módulos desenvolvidos no estudo X, bem como estruturar e operacionalizar o módulo de controle integrado produção e qualidade.

Ao contrário do estudo X, em que a coleta e processamento de dados foram realizados unicamente pelo pesquisador, no estudo Y foi possível avaliar os procedimentos de coleta e processamento dos dados quanto à percepção de um bolsista de iniciação científica, qual ficou responsável por realizar a coleta durante um mês.

Ao final da segunda etapa, foi proposta uma primeira versão do método, mas devido às dificuldades encontradas durante a realização dos dois estudos não foi possível estudar sua integração ao sistema de PCP. Somado a isto, o resultado da avaliação da primeira versão realizada por membros da empresa e pesquisadores do NORIE-UFRGS indicou a necessidade de um estudo empírico adicional (estudo Z).

Na terceira etapa da pesquisa foi realizado o estudo Z, o qual ocorreu em um empreendimento da empresa B. Este estudo tinha o objetivo de consolidar o desenvolvimento do método e estudar a sua integração ao sistema de PCP. Para alcançar esse objetivo, ocorreu novamente um refinamento do módulo de identificação de pacotes informais, como também do módulo de controle integrado produção e qualidade.

O refinamento realizado no módulo de controle integrado produção e qualidade se referem à criação de novos indicadores, e ao aprimoramento dos procedimentos de coleta e processamento de dados. Quanto ao módulo de identificação dos pacotes informais, este foi testado de duas formas durante o estudo empírico Z, a primeira delas

mantinha o foco de análise apenas no processo acompanhado, enquanto a segunda buscava mensurar os indicadores para todos os processos do empreendimento.

Ao final da terceira etapa, foi proposta a segunda versão do método de controle. Assim, tanto a segunda etapa quanto a terceira correspondem à fase (c) e (d) da pesquisa construtiva – desenvolver uma construção para o problema, e implementar e testar a solução, respectivamente.

Na quarta etapa do trabalho, a segunda versão do método foi avaliada e o seu escopo de aplicabilidade analisado. Ao final desta etapa, foi proposta a versão final do método, assim como foi discutida a sua contribuição teórica. Sendo assim, esta etapa correspondia à fase (e) e (f) de uma pesquisa construtiva – examinar o escopo de aplicabilidade da solução e analisar a contribuição teórica, respectivamente.

4.3. FONTES DE EVIDÊNCIA

De acordo com Yin (2005), a escolha das fontes de evidência é baseada em três princípios básicos que, se observados de maneira correta, contribuem para aumentar a confiabilidade, a validade e a representatividade de uma pesquisa. São eles:

- Uso de múltiplas evidências: possibilita ao pesquisador captar diferentes aspectos do objeto de estudo. Para isso, torna-se necessária a criação de diferentes linhas de investigação que tenham convergência em direção à resposta das questões a que o estudo se propõe responder;
- Criação de banco de dados: tem a finalidade de recuperar posteriormente dados úteis e importantes para a conclusão do estudo. A rastreabilidade de dados também contribui para a validade da pesquisa;
- Estabelecimento da cadeia de evidências: tem o objetivo de garantir que as evidências estejam alinhadas na mesma direção, buscando responder todas as questões a que se propõe a pesquisa.

A seguir, são apresentadas, de forma geral, as fontes de evidência adotadas no presente trabalho.

4.3.1. Observações

A observação direta foi utilizada para a identificação das perdas por *making-do* e dos pacotes informais executados durante as semanas. Quanto a observação participante, esta foi empregada pelo pesquisador durante o acompanhamento das inspeções de qualidade, na definição de pacotes de curto prazo e no plano detalhado do ciclo dos processos críticos.

4.3.2. Registro de imagens

Esta fonte de evidência foi empregada principalmente nas situações em que foi possível registrar uma imagem da perda por *making-do* identificada e das perdas por retrabalho e falta de terminalidade.

4.3.3. Entrevistas

Foram realizadas entrevistas semiestruturadas com o intuito de compreender o sistema de planejamento e controle da produção nos estudos acompanhados (ver Apêndice). Entrevistas abertas foram realizadas entender a sequência construtiva e a estratégia de ataque das equipes, como também esclarecer dúvidas sobre as perdas por *making-do* e os pacotes informais identificados.

4.3.4. Análise de documentos

Esse tipo de evidência consistiu na análise dos documentos coletados durante as reuniões de curto e médio prazo acompanhadas: planos e indicadores de curto prazo, médio e longo prazo; ferramentas de controle da qualidade; procedimentos operacionais dos serviços; projeto e ferramentas de controle dos processos acompanhados.

4.3.5. Análise dos indicadores

O emprego desse tipo de evidência estava relacionado a indicadores como PPC, tempo de ciclo dos processos, índice de desvio de prazo. Ainda, consistiu na aplicação do Índice de Boas Práticas de PCP (IBPPCP) e do método de identificação de perdas por *making-do* proposto por Sommer (2010).

Com relação ao IBPPCP, indicador proposto inicialmente por Bernardes (2001) e adaptado por Bulhões e Formoso (2005), tem o objetivo de avaliar a eficácia de

implantação do modelo de PCP nas obras acompanhadas. É calculado com base em um *checklist* composto por 15 boas práticas de planejamento e cada prática recebe a atribuição de uma nota conforme o grau de maturidade da mesma. Nesse sentido, as notas são 1, 0,5 e 0 para aquelas que tivessem sido implementadas integralmente, parcialmente ou não implementada, respectivamente. Ao final, é realizada uma média ponderada em que cada prática corresponde a 6,67% de maturidade do planejamento, isto é, $(1/15) \times 100$.

4.4. ETAPA 1: COMPREENSÃO

Esta etapa teve início em fevereiro de 2011, com uma reunião entre a equipe de pesquisadores do NORIE-UFRGS e representantes da empresa A. Nesta oportunidade, foi definida a realização de um diagnóstico do sistema de gestão da empresa a partir do acompanhamento da obra escolhida pela empresa. A duração deste estudo foi de 3 meses, e finalizou em maio com uma apresentação dos resultados obtidos com o diagnóstico na sede da empresa.

4.4.1. Estudo exploratório

4.4.1.1. Descrição da empresa A

Um conjunto de fatores justifica a escolha da empresa A, dentre eles: (a) presença de um bom sistema de gestão da produção; (b) o seu sistema de PCP apresentar alguns elementos do Sistema *Last Planner*; (c) ter um histórico de pesquisas desenvolvidas em parceria com o NORIE-UFRGS, sendo fruto desta parceria diversos trabalhos acadêmicos relacionados, principalmente, ao sistema de PCP, gestão da produção, qualidade e segurança; e (d) possuir certificação do seu sistema de gestão da qualidade em conformidade com os requisitos da norma NBR-ISO 9001 (ABNT, 2000) e também do PBQP-H nível A, de acordo com o Sistema de Qualificação de Empresas, Serviços e Obras (SIQ) versão 2000. É importante destacar o elevado estágio de avanço do sistema de qualidade, pois há muitos procedimentos documentados, dispositivos visuais, prototipagem, etc.

A empresa caracteriza-se como uma construtora de grande porte⁴ e atua há mais de 30 anos no mercado imobiliário da região metropolitana de Porto Alegre. Nos últimos anos, esta tem passado por uma mudança organizacional devido a sua fusão com uma das principais incorporadoras do mercado imobiliário do país. O nicho de mercado da empresa que até 2006 era especificamente em incorporações residenciais de médio a alto padrão, se expandiu, e agora também abrange o mercado popular.

Descrição do empreendimento 1

Este empreendimento consiste em um edifício residencial com 11 pavimentos, e cada um com 13 unidades (Figura 7). O prazo de entrega era de 22 meses, sendo que o início da obra ocorreu em junho de 2010 e a previsão de término era abril de 2012. Esta obra foi escolhida pela equipe da empresa por apresentar um sistema de planejamento estruturado, fortemente baseado no Sistema *Last planner*.



Figura 7- Planta de implantação do empreendimento 1

Durante o estudo estavam sendo realizados os seguintes serviços: estrutura, que consistia em alvenaria estrutural e laje moldada no local; revestimento interno, tanto das paredes quanto do teto; instalações hidrossanitárias e elétricas; chumbamento de contra-

⁴ Foi adotado o critério da Câmara Brasileira da Indústria da Construção- CBIC, que define o porte das empresas atuantes na indústria da construção nacional a partir do número de trabalhadores empregados. O SEBRAE adota o mesmo critério e define que uma empresa de grande porte possui um quadro funcional contendo mais que 500 empregados.

marcos; impermeabilização do box dos banheiros; instalação das churrasqueiras; e estrutura do estacionamento.

4.4.1.2. Descrição das atividades principais

Ao longo do estudo foram utilizadas as seguintes fontes de evidências: entrevistas abertas; entrevistas semiestruturadas; observação direta e observação participante; registros fotográficos; e análise de indicadores (Figura 8).

Inicialmente foi realizada uma entrevista aberta com o engenheiro responsável de cada obra. Esta entrevista se tratava de conversas informais que buscavam compreender de maneira ampla o andamento e as características da obra, como também, as práticas associadas à sua gestão. Uma entrevista semi-estruturada (ver Apêndice) foi realizada com a engenheira de planejamento da empresa, responsável por elaborar o planejamento de longo prazo dos empreendimentos. A entrevista permitiu entender as decisões que eram tomadas durante o planejamento de longo prazo de um empreendimento, o formato dos planos e as informações que este setor demandava dos engenheiros de obra.

Estudo exploratório	
Duração	12 semanas
Processos monitorados	Estrutura, que consistia em alvenaria estrutural e laje moldada no local; Revestimento interno, tanto das paredes quanto do teto; Instalações hidrossanitárias e elétricas; Chumbamento de contra-marcos; Impermeabilização do box dos banheiros; Instalação das churrasqueiras; e Estrutura do estacionamento.
Observação participante	4 Reuniões de curto prazo e 1 de médio prazo
Análise de documentos	Planos e indicadores de curto prazo, médio e longo prazo; Ferramentas de controle da qualidade; Procedimentos operacionais dos serviços; Projetos e ferramentas de controle dos processos críticos.
Medição de desempenho	PPC; Origem dos Problemas; IBPPCP.
Observação direta na obra	21 visitas de 2 a 3 horas por dia
Entrevistas	Entrevistas abertas com os engenheiros de obra e membros e líderes de equipe; Entrevistas semi-estruturadas com engenheiro de planejamento

Figura 8- Principais fontes de evidência estudo exploratório

Além dessas, foram realizadas entrevistas abertas com os membros e líderes de equipe sempre que eram identificados casos de perda por *making-do*. Essas entrevistas foram realizadas com a finalidade de compreender a origem das perdas e o impacto que as mesmas poderiam gerar na produção.

A observação participante foi utilizada nas reuniões de curto e de médio prazo. As reuniões de curto prazo da obra aconteciam com periodicidade semanal, diferindo apenas no dia que era realizada, enquanto as reuniões de médio prazo ocorriam uma vez por mês. Nestas reuniões foram registrados os envolvidos em cada tipo de reunião, as decisões que eram tomadas e os indicadores que eram analisados. Ao todo, foram acompanhadas quatro reuniões semanais e uma reunião de médio prazo.

A análise documental ficou por conta dos documentos coletados durante as reuniões: planos e indicadores de curto prazo, médio e longo prazo; ferramentas de controle da qualidade; procedimentos operacionais dos serviços; projeto e ferramentas de controle dos processos críticos.

Quanto à observação direta, foram analisadas a execução de atividades e operações relacionadas à logística do canteiro. Ainda, a observação direta foi aplicada na identificação de pacotes informais executados (durante uma semana) e também das perdas por *making-do* identificadas. Cabe salientar que foi seguido o método proposto por Sommer (2010) para identificação de perdas por *making-do*, sendo feito um registro fotográfico para cada evento observado.

Por fim, a análise dos indicadores contemplou a aplicação do IBPPCP e a análise e processamento dos indicadores referentes às perdas por *making-do* identificadas.

4.5. ETAPA 2: ESTRUTURAÇÃO DO MÉTODO

Esta etapa teve início em junho de 2011 com uma reunião para apresentação das atividades que seriam realizadas em cada obra. Estavam presentes nessa reunião a equipe de pesquisadores do NORIE-UFRGS e os coordenadores e engenheiros dos empreendimentos X e Y.

O estudo empírico X ocorreu entre os meses de junho e agosto de 2011, já o estudo empírico Y ocorreu entre outubro e dezembro de 2011. Esta etapa da pesquisa terminou em janeiro com a apresentação dos resultados para a direção técnica no escritório da empresa.

4.5.1. Estudo empírico X

4.5.1.1. Descrição do Empreendimento X

Trata-se de um edifício de alto padrão composto por duas torres e uma grande área de lazer externa com *playground*, piscina coberta, piscina adulto, sauna, quadra de tênis, quadra poliesportiva, além de térreo e segundo pavimento de uso comum (Figura 9). As duas torres diferenciam-se apenas no número de pavimentos, sendo 19 na torre X1 e 20 na torre X2. Cada pavimento contém quatro apartamentos, que variam de 125 e 146 M².

O empreendimento tinha prazo de entrega de 25 meses, e durante o estudo foram executados os seguintes serviços: estrutura, alvenaria, impermeabilização, reboco interno, fixação de contra-marco, instalações hidráulicas e elétricas, estrutura do estacionamento e alvenaria da área de lazer externa.



Figura 9- Planta de Implantação do empreendimento X

É importante comentar que durante as cinco primeiras semanas de estudo uma das torres do empreendimento encontrava-se embargada e entre a sexta e oitava semana algumas visitas da fiscalização do Ministério do Trabalho interferiram na realização do planejamento semanal. Dessa maneira, as atividades e os dados coletados até a quinta semana dizem respeito apenas aos processos da torre que não estava embargada, intitulada X1.

Foram selecionados dois processos para serem acompanhados no desenvolvimento das ferramentas de controle do método: alvenaria e estrutura. Esta seleção foi realizada de

Proposta de método de controle integrado entre produção e qualidade com e mensuração de perdas por *making-do* e pacotes informais

maneira conjunta com o engenheiro da obra, sendo considerado como critérios para seleção dos processos a importância destes em relação a prazo e qualidade, a presença de ferramentas de controle da qualidade e que os mesmos não estivessem em fase final de execução.

4.5.1.2. Descrição das atividades principais

Neste estudo foram utilizadas as mesmas fontes de evidência do estudo exploratório, com exceção para a entrevista semiestruturada com a engenheira de planejamento, visto que já havia sido discutida a sistemática de planejamento de longo prazo da empresa no estudo anterior.

A observação participante foi utilizada nas reuniões de planejamento de curto e médio prazo acompanhadas, sendo 4 reuniões de curto prazo e 1 reunião de médio prazo (Figura 10). Participavam dessas reuniões o mestre de obras, líderes das equipes, o engenheiro da obra, o técnico de segurança e o estagiário. Durante o acompanhamento das mesmas, foi possível compreender os sistemas de PCP e de controle da qualidade, como também, entender a relação das perdas por *making-do* e dos pacotes informais com as falhas existentes na aplicação desses sistemas.

Estudo X	
Duração	10 semanas
Processos monitorados	Alvenaria e Estrutura
Observação participante	4 Reuniões de curto prazo e 1 de médio prazo
Análise de documentos	Planos e indicadores de curto prazo, médio e longo prazo; Ferramentas de controle da qualidade; Procedimentos operacionais dos serviços; Projetos e ferramentas de controle dos processos críticos.
Medição de desempenho	PPC; Origem dos Problemas; IBPPCP.
Observação direta na obra	50 visitas de 1 a 2 horas por dia
Entrevistas	Entrevistas abertas com os engenheiros de obra e membros e líderes de equipe

Figura 10- Principais fontes de evidência do estudo X

A análise documental correspondeu aos documentos coletados durante cada reunião: planos e indicadores de curto prazo; planos de médio prazo; ferramentas de controle da qualidade; procedimentos operacionais dos serviços de estrutura e alvenaria.

Apesar da análise dos procedimentos operacionais auxiliarem na compreensão do método de execução e dos recursos padrão para as atividades de estrutura e alvenaria,

ainda foi necessário o acompanhamento de alguns ciclos desses processos, o qual tinha o objetivo de ajudar o pesquisador a avaliar se as improvisações realizadas pelas equipes.

Foram também realizadas entrevistas abertas com os líderes de cada equipe, com o intuito de entender a sequência de ataque das atividades e compreender a ocorrência das perdas por *making-do*.

Após os ciclos acompanhados e as entrevistas abertas, foi realizado o refinamento das categorias de perdas por *making-do*, a qual ocorreu ao longo do estudo, à medida que o método foi sendo aplicado. Esta aplicação ocorreu diariamente durante as semanas 5, 9 e 10 do estudo, e seguia procedimentos similares àqueles propostos por Sommer (2010) para coleta dos dados.

Sobre o processo de estruturação do módulo de identificação de pacotes informais, foram desenvolvidos instrumentos para coleta, processamento e tratamento de dados. É importante comentar que buscou-se desenvolver instrumentos de fácil preenchimento e compreensão. Tal preocupação se reflete no objetivo de que o método proposto possa ser utilizado nas obras até mesmo por pessoas com baixo nível de instrução formal. A aplicação do módulo de identificação de pacotes informais ocorreu diariamente ao longo das 10 semanas.

Quanto à análise de indicadores, além dos indicadores propostos por Sommer (2010), foi aplicado o IBPPCP, com o objetivo de analisar a implementação das práticas de planejamento e controle da produção.

Por fim, por se tratarem de contribuições que ocorreram ao longo desse estudo empírico, os instrumentos desenvolvidos no módulo de identificação de pacotes informais e o refinamento das categorias de perdas por *making-do* serão abordados no item 5.2.1.3.

4.5.2. Estudo empírico Y

4.5.2.1. Descrição do empreendimento Y

Este empreendimento localizava-se na cidade de Porto Alegre- RS e consistia na execução de um empreendimento residencial de médio a alto padrão, composto por duas

torres de 14 pavimentos tipo, além de térreo, salão de festas adulto e infantil, edifício garagem, piscina adulto e infantil, sala de jogos, academia e circuito de bicicross (Figura 11). Cada pavimento contém 8 apartamentos que variam de 68 e 74 m².



Figura 11- Planta de Implantação do empreendimento Y

O empreendimento tinha prazo de entrega de 22 meses e durante o estudo estavam sendo executados os seguintes serviços: estrutura, alvenaria, reboco interno, reboco de teto, fixação de contra-marco, instalações hidráulicas, elétricas e de gás, posicionamento de churrasqueiras e estrutura do estacionamento.

Assim como na obra anterior, a equipe de gestão preferiu que o estudo fosse realizado em apenas uma das torres do empreendimento Y, aqui intitulado de Y1. Porém, neste caso, a escolha foi feita devido à dificuldade que a equipe de gestão estava tendo para controlar os processos produtivos Y2. Tal dificuldade era um reflexo da abertura de novas frentes de serviço para combater o atraso que a segunda torre apresentava.

Foram selecionados três processos para serem acompanhados durante o estudo: Alvenaria; Reboco de teto; Reboco interno. A seleção ocorreu de maneira conjunta entre pesquisador e o engenheiro da obra e o critério adotado foram os mesmos do estudo anterior.

4.5.2.2. Descrição das principais atividades

As fontes de evidências utilizadas nessa etapa foram às mesmas do estudo anterior. Inicialmente foram acompanhadas 6 reuniões de curto prazo e 1 reunião de médio prazo. Nestas reuniões procurou-se compreender o sistema de PCP do empreendimento, além de discutir resultados encontrados em cada módulo (Figura 12). Nestas reuniões estavam presentes os engenheiros da obra, mestre de obras, líderes de equipe, estagiário e técnico de segurança.

Estudo Y	
Duração	8 semanas
Processos monitorados	Alvenaria, Revestimento interno e Revestimento de teto.
Observação participante	6 Reuniões de curto prazo e 1 de médio prazo ; 2 Reuniões para definição do lote de inspeção/controle; Acompanhamento da inspeção da qualidade durante 6 semanas
Análise de documentos	Planos e indicadores de curto prazo, médio e longo prazo; Ferramentas de controle da qualidade; Procedimentos operacionais dos serviços; Projetos e ferramentas de controle dos processos críticos.
Medição de desempenho	PPC; Origem dos Problemas; IBPPCP.
Observação direta na obra	40 visitas de 2 horas por dia
Entrevistas	Entrevistas abertas com os engenheiros de obra e membros e líderes de equipe; Entrevista semi-estruturada com o diretor técnico da empresa

Figura 12- Principais fontes de evidência do estudo Y

A observação participante também foi realizada na aplicação do módulo integrado produção e qualidade, visto que ao final de cada semana, o pesquisador acompanhava os estagiários na conferência da qualidade dos pacotes que eram concluídos. Na primeira semana de estudo e na última, os dados foram coletados do próprio sistema de gestão da qualidade do empreendimento.

A observação participante ainda foi utilizada nas reuniões em que foi desenvolvido o plano detalhado dos processos de alvenaria, revestimento interno e de teto. Este plano foi elaborado com o objetivo de auxiliar a equipe de gestão no controle do tempo de ciclo dos lotes de produção (pavimento). Ao todo foram realizadas duas reuniões que contaram com a presença do engenheiro, mestre de obras, estagiário, e líderes de equipe.

A análise documental envolveu os seguintes documentos coletados nas reuniões de curto e médio prazo: planos e indicadores de curto e médio prazo; procedimentos

Proposta de método de controle integrado entre produção e qualidade com e mensuração de perdas por *making-do* e pacotes informais

operacionais dos serviços de alvenaria, revestimento interno e de teto; ferramentas de controle da qualidade do revestimento interno e de teto, e da alvenaria.

A observação direta estava relacionada à identificação das perdas por *making-do* e dos pacotes informais que estavam sendo executados. Estas coletas ocorreram diariamente ao longo das 8 semanas e, sempre que possível, eram realizados registros fotográficos.

Quanto às entrevistas abertas, estas ocorreram várias vezes ao longo das semanas e eram realizadas com os membros de cada equipe quando o pesquisador achava necessário compreender melhor a perda identificada ou o motivo da realização do pacote informal.

Por fim, análise de indicadores, assim como no estudo anterior, correspondeu apenas à aplicação do IBPPCP e ocorreu ao final da 6ª semana. Por se tratarem de contribuições que ocorreram ao longo desse estudo empírico, os instrumentos desenvolvidos em cada módulo serão abordados no item 5.2.3.2.

4.6. ETAPA 3: CONSOLIDAÇÃO DO MÉTODO

Nesta etapa, foi realizado o estudo de caso Z, o qual teve início na primeira semana de março de 2012 com uma reunião para apresentação do método que seria aplicado. Nesta reunião, estavam presentes a equipe de pesquisadores do NORIE-UFRGS e diretor técnico e o engenheiro da obra. O tempo de duração deste estudo foi de 7 semanas e finalizou com uma apresentação dos resultados coletados em cada semana para a equipe que gerenciava a obra.

4.6.1. Descrição da empresa B

A empresa B era uma empresa construtora e incorporadora de pequeno porte fundada em 1980, situada na cidade de Canoas/RS e que também atua na região metropolitana de Porto Alegre/RS. O seu nicho de mercado é especificamente de edificações comerciais e residenciais (de média e baixa renda), com forte atuação na execução de empreendimentos habitacionais financiados pelo programa Minha Casa Minha Vida.

Um conjunto de fatores justifica a escolha da empresa B, dentre eles: (a) o seu sistema de PCP apresentar alguns elementos do Sistema *Last Planner*; (b) por possuir certificação do seu sistema de gestão da qualidade em conformidade com os requisitos

da norma NBR-ISO 9001 (ABNT, 2000) desde 2004, bem como em conformidade com a norma SIQ versão 2000, do PBQP-H, nível A desde 2003; (c) ter um histórico de pesquisas desenvolvidas em parceria com o NORIE-UFRGS, sendo fruto desta parceria diversos trabalhos acadêmicos relacionados principalmente ao sistema de PCP, gestão da produção e da qualidade; e (d) estar interessada em desenvolver novas práticas para melhorar seu sistema de gestão.

4.6.1.1. Descrição do empreendimento Z

Este empreendimento localizava-se em Canoas-RS e tratava-se da execução de um condomínio fechado de casas geminadas, com um total de 238 unidades, divididas em 31 blocos (Figura 13). Cada bloco possuía 6, 8, 10,12, ou 14 unidades, com 47,05m² ou 56,8m² de área privativa. Além das unidades habitacionais, o empreendimento possuía salão de festas e quadra poliesportiva.

O empreendimento foi dividido em 5 fases, e tinha início planejado para o mês de julho de 2010, e prazo final para conclusão da última fase no mês de junho de 2012. Durante o estudo estavam sendo realizadas as atividades da 5ª fase (última fase), qual era composta por 42 unidades (Figura 13). Foram executados os seguintes serviços: estrutura, telhado, revestimento interno de gesso, revestimento externo, chumbamento de contra- marco, instalações hidráulicas e elétricas, pintura externa e interna. Quanto aos serviços de infraestrutura estavam sendo realizados o calçamento, muros externos, redes de esgoto, rede elétrica e rede pluvial.

O processo de revestimento de gesso foi selecionado para ser acompanhado durante o estudo. A seleção ocorreu de maneira conjunta entre pesquisador e a equipe de gestão e os critérios adotados foram os mesmos do estudo empírico X. Cabe salientar que, no módulo de identificação de pacotes informais, o objeto de controle também foi o empreendimento como um todo, e, portanto, todos os processos foram considerados.



Figura 13- Planta de implantação evidenciando 5ª fase, e foto de um bloco do empreendimento Z

4.6.1.2. Descrição das atividades principais

Ao longo do estudo, foram utilizadas as seguintes fontes de evidências: entrevistas abertas; entrevistas semiestruturadas; observação direta e observação participante; registros fotográficos; análise de documento; e, análise de indicadores.

No dia da apresentação da proposta de trabalho foi realizada uma entrevista semiestruturada (Apêndice) com o diretor técnico, qual teve o objetivo de compreender de maneira ampla o sistema da PCP da mesma. Para compreender a sistemática do planejamento de médio e curto prazo, foi realizada mais uma entrevista semiestruturada (Apêndice), dessa vez, com o técnico de edificações do empreendimento Z (Figura 14), o qual ficou responsável por essas atividades após o engenheiro da obra assumir outro empreendimento da empresa que havia recém iniciado.

Estudo Z	
Duração	7 semanas
Processos monitorados	Alvenaria, Revestimento interno e Revestimento de teto.
Observação participante	5 Reuniões de planejamento de curto prazo e 1 de médio prazo; 2 Reuniões para definição do lote de inspeção/controlado; Acompanhamento da inspeção da qualidade durante 6 Semanas
Análise de documentos	Planos e indicadores de curto prazo, médio e longo prazo; Ferramentas de controle da qualidade; Procedimentos operacionais dos serviços; Projetos e ferramentas de controle dos processos críticos.
Medição de desempenho	PPC; Origem dos Problemas; IBPPCP.
Observação direta na obra	21 visitas de 1 a 2 horas por dia
Entrevistas	Entrevistas abertas com o técnico de edificações, o engenheiros de obra e membros e líderes de equipe; Entrevistas semi-estruturadas com engenheiro de planejamento

Figura 14- Principais fontes de evidência do estudo Z

Ao contrário dos estudos anteriores, nos quais existiam reuniões formais para a elaboração do planejamento de curto e de médio prazo, no empreendimento Z, tais reuniões não estavam ocorrendo. Contudo, o pesquisador pode acompanhar durante 5 semanas a definição dos pacotes de trabalho que eram elaborados pelos técnicos de edificações após verificar no canteiro o que poderia ser feito na semana. Quanto ao planejamento de médio prazo, este ocorreu apenas uma vez durante o estudo. Nesta ocasião o pesquisador participou de uma conversa informal entre o engenheiro, o técnico e o mestre de obras, na qual foram verificadas as principais restrições para as atividades que ocorreriam nos próximos meses.

Para refinar a estrutura e operacionalizar o módulo de controle integrado produção e qualidade, buscou-se criar novos mecanismos e procedimentos para coleta de dados. Ao invés de utilizar grandes lotes (por exemplo, bloco de casas, ou casas geminadas) como foco do controle da qualidade, conforme normalmente são inspecionados, escolheram-se lotes menores de controle, os quais permitiam ser controlados no horizonte de curto prazo. O pesquisador participou de duas reuniões com o técnico de edificações e com líderes das equipes para definir o tamanho desses lotes. Ainda, essa mesma figura apresenta os dias em que o pesquisador acompanhou o técnico de edificações nas inspeções de qualidade.

A análise documental incluiu os seguintes documentos coletados ao longo das semanas: planos e indicadores de curto prazo; procedimentos operacionais dos serviços de

revestimento de gesso; ferramentas de controle da qualidade do revestimento de gesso; diagrama de precedência do empreendimento.

Quanto à aplicação dos módulos de identificação de perdas por *making-do* e de pacotes informais, ao contrário dos estudos anteriores, as coletas de dados eram feitas três vezes na semana. Essa alteração na frequência de coleta de dados estava relacionada a uma maior participação dos funcionários e do técnico de edificações, os quais informavam ao pesquisador ou ao bolsista de iniciação científica quais atividades foram realizadas no dia que eles não estavam presentes e se nesta atividade havia sido realizada alguma improvisação.

Sempre que possível era realizado um registro fotográfico da perda por *making-do* identificada pelo pesquisador ou pelo bolsista de iniciação científica. Foram ainda, realizadas entrevistas abertas com os líderes de equipe para compreender a origem da perda. A análise de indicadores foi realizada na quinta semana do estudo e, assim como nos estudos anteriores, foi levantado o IBPPCP pelo próprio pesquisador.

4.7. ETAPA 4: AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS E PROPOSIÇÃO DO MÉTODO FINAL

A avaliação dos resultados foi realizada em duas etapas. Na primeira, os resultados de cada estudo foram apresentados e analisados isoladamente (*intra-case analysis*), e foi avaliado em cada um deles as contribuições e o aprendizado adquirido. Na segunda, ocorreu uma análise cruzada dos resultados (*cross-case analysis*) obtidos em cada estudo, e buscou-se assim, identificar diferenças e similaridades.

Conforme Kasanen, Lukka e Siitonem (1993), a avaliação de um artefato deve ser realizada a partir da sua implementação. Dessa maneira, para orientar o processo de pesquisa e avaliar o método de controle construído ao longo da presente pesquisa foram empregados dois constructos: utilidade; e facilidade de uso.

4.7.1. Utilidade

O constructo “utilidade” foi desdobrado em dois subconstructos (Figura 15): (a) a contribuição do método para percepção da necessidade de controlar as perdas por *making-do*, retrabalho e trabalho em progresso; (b) a percepção da necessidade de

sincronizar os ciclos de controle da produção e da qualidade. Além disto, o primeiro subconstructo foi desdobrado em:

- Realização de ações corretivas elaboradas para evitar recorrência de perdas por *making-do*;
- Necessidade de controlar os pacotes informais: pode ser avaliado pelo percentual de pacotes informais executados na semana, e pela ocorrência de perdas por *making-do* originadas em pacotes informais de retrabalho, falta de terminalidade e novos;
- Compreensão da relação entre as perdas por *making-do* e pacotes informais: pode ser avaliado pela ocorrência de pacotes informais por retrabalho e trabalho em progresso devido às perdas por *making-do*, e a ocorrência de perdas por *making-do* originadas em pacotes informais de retrabalho, falta de terminalidade e novos.

Quanto à percepção da necessidade de sincronizar os ciclos de controle da produção e da qualidade, este subconstructo foi desdobrado em:

- Necessidade de avaliar o impacto das perdas por *making-do* na qualidade dos pacotes: entende-se como evidências a ocorrência de ações corretivas na origem dos problemas de qualidade, e a ocorrência de pacotes concluídos sem qualidade devido a perdas por *making-do*; e
- Ocorrência de pacotes concluídos sem qualidade.

As fontes de evidências utilizadas para avaliar este constructo foram à observação participante, a análise dos indicadores fornecidos pelo próprio método, entrevistas abertas com engenheiros, gestor de obras, diretor técnico e o técnico de edificações.

Constructo	Utilidade				
Subconstructo	Contribuição do método para percepção da necessidade de controlar as perdas por <i>Making-do</i> e pacotes informais				
Evidências	Ações corretivas para evitar recorrência de perdas por <i>making-do</i>	Necessidade de controlar os pacotes informais	Compreensão da relação entre a perda por <i>making-do</i> e pacotes informais		Interessem em avaliar a quantidade de MO em pacotes informais
Fonte de evidências	Observ. participante	% de pacotes informais	Ocorrência de perdas por <i>making-do</i> em pacotes informais	Ocorrência de pacotes informais devido às perdas por <i>making-do</i>	% de Mão de obra realizando pacotes informais
Subconstructo	Percepção da necessidade de sincronizar os ciclos de controle da produção e da qualidade				
Evidências	Necessidade de avaliar o impacto das perdas por <i>making-do</i> na qualidade dos pacotes			Necessidade de identificar a causa da não execução com qualidade dos pacotes semanais.	
Fonte de evidências	Ocorrência de ações corretivas na causa raiz de problemas de qualidade		Ocorrência de pacotes concluídos sem qualidade devido as perdas por <i>making-do</i>	Ocorrência de pacotes não concluídos com qualidade, de pacotes informais por retrabalho e falta de terminalidade	

Figura 15- Avaliação do constructo utilidade

4.7.2. Facilidade de uso

O constructo “facilidade de uso” foi desmembrada nos seguintes subconstructos (Figura 16):

- Eficiência: pode ser avaliada através do tempo despendido para coleta, entrada, e processamento de dados;
- Adequação ao processo existente: refere-se à facilidade de inserção ao processo de PCP existente, e a intenção de utilizar o método de controle em outras obras;
- Facilidade de compreensão das planilhas: refere-se à ocorrência de erros de coleta e análise de indicadores.

Foram utilizadas as seguintes fontes de evidências para o constructo “facilidade de uso”: entrevistas abertas com engenheiros, gestor de obras, diretor técnico, do técnico de edificações, e pesquisadores e bolsistas de iniciação científica envolvidos na coleta de dados. Este constructo ainda foi avaliado a partir de alguns tempos medidos para a coleta de dados, entrada de dados na base, e processamento dos dados (Figura 16).

Constructo	Facilidade de uso		
Subconstructo	Eficiência		
Evidências	Tempo despendido em coletas diárias de dados	Tempo despendido na entrada de dados para processamento	Tempo despendido no processamento dos dados
Fonte de evidências	Entrevistas abertas e medição de tempos		
Subconstructo	Adequação ao processo existente		
Evidências	Facilidade de inserção ao processo de PCP existente	Intenção de utilizar o método de controle em outras obras	
Fonte de evidências	Entrevistas abertas		
Subconstructo	Facilidade de compreensão das planilhas		
Evidências	Ocorrência de ações corretivas na causa raiz de problemas de qualidade		
Fonte de evidências	Entrevistas abertas		

Figura 16-Avaliação do constructo Facilidade de uso

5. RESULTADOS

A seguir são apresentados os principais resultados e conclusões das etapas: (1) Compreensão; (2) Estruturação do método; (3) Consolidação do método e integração ao PCP. Ainda, ao final dos estudos da etapa 2 e da etapa 3 são apresentados a avaliação do método a partir dos constructos da etapa 4.

5.1. RESULTADOS DA ETAPA 1

Conforme mencionado no item 4.2.1, a etapa 1 foi dedicada a compreensão do tema de estudo, o que auxiliou a direcionar o foco da pesquisa. Inicialmente será realizada uma breve descrição do sistema de PCP da empresa A, posteriormente são apresentados os principais resultados do empreendimento. Ao final são apresentadas as discussões finais e as conclusões da etapa 1.

5.1.1. Descrição do sistema de PCP da empresa A

A elaboração do planejamento de longo prazo dos empreendimentos era realizada por um setor específico de planejamento da empresa. Este plano era elaborado no software MSProject® e tinha um elevado nível de detalhes. Semanalmente os engenheiros responsáveis pelas obras atualizavam o andamento no MSProject® e, ao final do mês, avaliavam o cumprimento de prazo da obra através do IDP (índice de desvio de prazo) (Figura 17).

O planejamento de médio prazo apresentava um horizonte de três meses e um ciclo de controle aproximadamente mensal, visto que, as reuniões não eram realizadas em um dia fixo do mês. Estas reuniões contavam com a presença do engenheiro, estagiário, mestre e o almoxarife e sua finalidade era a elaboração do plano de médio prazo e a análise de restrições. Não era utilizado um indicador para avaliar o processo de remoção de restrições e o grau de aderência ao planejamento.

Período	Prev Mês	Real Mês	IDP mês	Prev BANCO	Prev Acum	Real Acum	IDP Obra
ago/10	1	2,93%	2,82%	0,96	5,43%	12,04%	0,99
set/10	2	1,94%	1,25%	0,65	7,14%	13,98%	0,94
out/10	3	2,82%	2,50%	0,89	10,11%	16,81%	0,93
nov/10	4	3,39%	3,50%	1,03	13,04%	20,20%	0,93
dez/10	5	5,23%	4,72%	0,90	18,70%	25,43%	0,92
jan/11	6	4,82%	4,86%	1,01	18,54%	30,25%	0,94
fev/11	7	5,50%			21,82%	35,85%	
mar/11	8	6,77%			25,68%	42,63%	
abr/11	9	5,32%			30,28%	47,95%	
mai/11	10	5,48%			35,50%	53,43%	
jun/11	11	5,42%			41,84%	58,85%	

Figura 17- Índice de desvio de prazo empreendimento 1

Quanto às atividades que constavam no plano de médio prazo, eram referentes às metas mensais extraídas do plano de longo prazo, não existindo, portanto, um detalhamento progressivo das atividades que garantisse aos pacotes de curto prazo serem programados e executados considerando as datas marco definidas no longo e médio prazo.

A elaboração do planejamento de curto prazo ocorria em reuniões semanais que contavam com a presença de mestres, estagiários e líderes de equipe. Para avaliar a eficácia dos planos gerados era coletado o indicador PPC, sendo também identificadas as causas para a não conclusão dos pacotes.

Eram desenvolvidos planos detalhados do ciclo de alguns processos, considerados críticos por impactar o prazo de execução do empreendimento, com o objetivo de evitar atrasos no seu ciclo. Para as duas obras acompanhadas esse processo era a estrutura, que era composta pela alvenaria estrutural e a laje.

5.1.2. Resultados do empreendimento 1

5.1.2.1. Considerações sobre o sistema de PCP

A Figura 18 apresenta a avaliação do grau de implementação das práticas de planejamento e controle da produção. Pode-se observar que a prática “elaboração de um plano de longo prazo que permita a visualização do plano de ataque da obra” não estava implementada, já que este é apresentado em gráficos de *Gantt* bastante detalhados, os quais dificultam o entendimento do plano de ataque.

Descrição da prática (ou elemento do modelo)	Empreendimento 1
Práticas relacionadas ao planejamento de curto prazo	33%
Tomada de decisão participativa nas reuniões de curto prazo	0
Rotinização das reuniões do curto prazo	1
Realização de ações corretivas a partir das causas do não cumprimento dos planos	0
Programação de tarefas suplentes	0
Inclusão no plano de curto prazo apenas de pacotes de trabalho cujas restrições foram removidas	0,5
Definição correta dos pacotes de trabalho	0,5
Práticas relacionadas ao Planejamento de médio prazo	50%
Planejamento e controle dos fluxos físicos	0,5
Rotinização do planejamento de médio prazo	0,5
Remoção sistemática das restrições	0,5
Práticas relacionadas ao planejamento de longo prazo	67%
Utilização de indicador para avaliar o cumprimento de prazo da obra	1
Elaboração de um plano de longo prazo que permite a visualização do plano de ataque da obra	0
Atualização sistemática do plano mestre para refletir o andamento da obra	1
Práticas gerais relacionadas ao processo de planejamento	83%
Formalização do processo de PCP	1
Utilização de dispositivos visuais para disseminar as informações no canteiro	1
Análise crítica do conjunto de dados	0,5
IBPPCP	59%

Figura 18- Índice de boas práticas do empreendimento 1

A remoção sistemática das restrições e o planejamento e controle dos fluxos físicos, práticas relacionadas ao planejamento de médio prazo, estavam parcialmente implementadas. No caso da primeira prática, foi verificado que existia uma forte preocupação com restrições relacionadas a materiais, equipamentos e contratação de mão de obra, enquanto o balanceamento e sincronização dos recursos eram negligenciados. Isto foi evidenciado principalmente no processo de alvenaria, pois o número de eletricitas não era suficiente para acompanhar a equipe de alvenaria, o que resultou na ocorrência de retrabalhos e arremates devido a erros na localização das caixas elétricas (Figura 19).

Quanto ao planejamento e controle de fluxos físicos, era verificada a presença de dispositivos visuais com estudos de *layout* e sequência de execução, porém, estes não eram atualizados de acordo com o andamento da obra, surgindo constantemente interferências de espaço.



Figura 19- Falta de balanceamento entre equipe elétrica e alvenaria gerou arremates e retrabalhos

Sobre a definição correta dos pacotes de trabalho, esta prática foi considerada como parcialmente implementada, visto que muitas vezes os pacotes não eram definidos de maneira clara, tais como: “início da fôrma lote 1 do 4º pavimento” ou “acompanhamento dos pedreiros na laje do 5º pavimento- Lote 2”.

A prática “tomada de decisão participativa nas reuniões de curto prazo” foi considerada como não implementada, pois foi evidenciado que normalmente os pacotes eram definidos pela gerencia da obra, não havia negociação com os líderes de equipe. A realização de ações corretivas a partir da causa do não cumprimento dos planos também foi considerada como não implementada, já que a identificação da origem das causas era constantemente baseada na percepção do engenheiro e do estagiário, não sendo aprofundada a investigação de causas raiz dos problemas.

Quanto às tarefas reservas, constatou-se, durante as reuniões, que estas não eram planejadas. Nesse ponto, foi identificada durante uma semana a presença de pacotes informais, ou seja, pacotes que estavam sendo executados sem terem sido planejados, e cujas restrições não haviam sido removidas na reunião semanal. Assim, a prática de incluir no curto prazo apenas pacotes cujas restrições foram removidas foi considerada como parcialmente implementada e a prática programação de tarefas reservas como não implementada na empresa.

Diante dessas evidências, o empreendimento 1 apresentou uma eficácia de 53,3% na implementação das práticas de planejamento e controle da produção, obteve baixos valores principalmente nas práticas de curto e médio prazo (33% e 50%, respectivamente).

Plano detalhado do ciclo dos processos críticos

No Anexo A consta uma cópia dos planos do processo de estrutura. Existiam dois tipos de planos, um referente aos lotes de produção I e II, que representavam metade de um pavimento (Figura 20) e tinham um ciclo com duração de 7 dias (Figura 21), e outro referente ao lote intitulado como “miolo”, para o qual o ciclo apresentava duração de 4 dias.



Figura 20- Lotes de produção do empreendimento 1

Na Figura 21 e no anexo A, é possível identificar que cada dia do ciclo apresenta um conjunto de atividades a ser realizada e a equipe responsável por sua execução. Nesse ponto, eram planejadas atividades de preparação do trabalho, tais como instalação de escantilhões, limpeza de assoalho, subida do *Kanbam* da 1ª fiada, atividades de conferencia, tais como inspeção da marcação da alvenaria e atividades de conversão, como concretagem da laje e elevação de alvenaria.

		Processo: Estrutura lotes A, B, C (1/2 laje)													
Equipe	Atividades	1º dia		2º dia		3º dia		4º dia		5º dia		6º dia		7º dia	
		M	T	M	T	M	T	M	T	M	T	M	T	M	T
Pedreiros (4 funcionários)	Marcação	■	■	■	■										
	Instalação dos Escantilhões			■	■	■	■								
	Instalação dos gabaritos			■	■	■	■								
	Elevação das alvenarias de periferia até 6ª fiada			■	■	■	■								
	Groutamento das taipas das janelas				■	■	■	■							
	Elevação das alvenarias internas					■	■	■	■						
	Elevação alvenarias de periferia (finalização)						■	■	■	■					
Carpinteiros (6 funcionários)	Desforma de painéis da escadaria e poço do elevador	■	■												
	Fôrma do patamar da escada					■	■								
	Desforma do assoalho do pavimento inferior					■	■								
	Montagem da escada pré-moldada até o patamar						■	■	■	■					
	Montagem do barroteamento							■	■	■	■				
	Montagem do Assoalho								■	■	■	■			
	Nivelamento de laje										■	■	■	■	
	Limpeza do assoalho, com lava-jato, durante a concretagem													■	■
Abastecimento grua (3 funcionários)	Subida do Kanban da 1ª fiada	■													
	Subida e instalação dos equipamentos dos pedreiros para o andar			■	■										
	Subida dos blocos de elevação					■	■								

Figura 21- Detalhamento do ciclo do empreendimento 1

Desempenho do sistema de PCP

Mesmo sendo elaborado o plano detalhado do processo de estrutura, este não apresentava muita aderência. Nesse aspecto, através do acompanhamento da obra e análise documental constatou-se que 78% dos lotes (I,II ou miolo), ou seja, 22 dos 28 lotes que foram executados, ultrapassaram o ciclo proposto (Figura 22). O resultado considera apenas os dias úteis, sendo desconsiderados os dias de chuva ou não úteis.

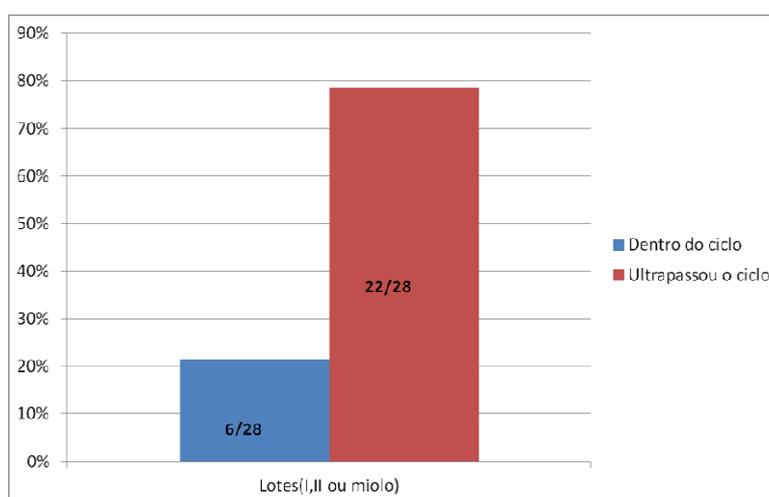


Figura 22- Percentual de lotes que ultrapassou o ciclo

Dentre as razões para tal resultado destacam-se: (a) a dispersão dos serventes da equipe da alvenaria que realizavam atividades que não estavam ligadas ao ciclo; (b) falta de Proposta de método de controle integrado entre produção e qualidade com mensuração de perdas por *making-do* e pacotes informais

balanceamento entre equipes da alvenaria e da fôrma, quais geravam lotes de alvenaria em espera, ou seja, trabalho em progresso (Figura 23); (c) a descoberta, tardiamente, de que o grauteamento da alvenaria estrutural do “miolo” era uma limitação para alcançar seu ciclo, visto que o volume a ser grauteado neste lote era tão grande quanto o volume de concreto da sua laje.

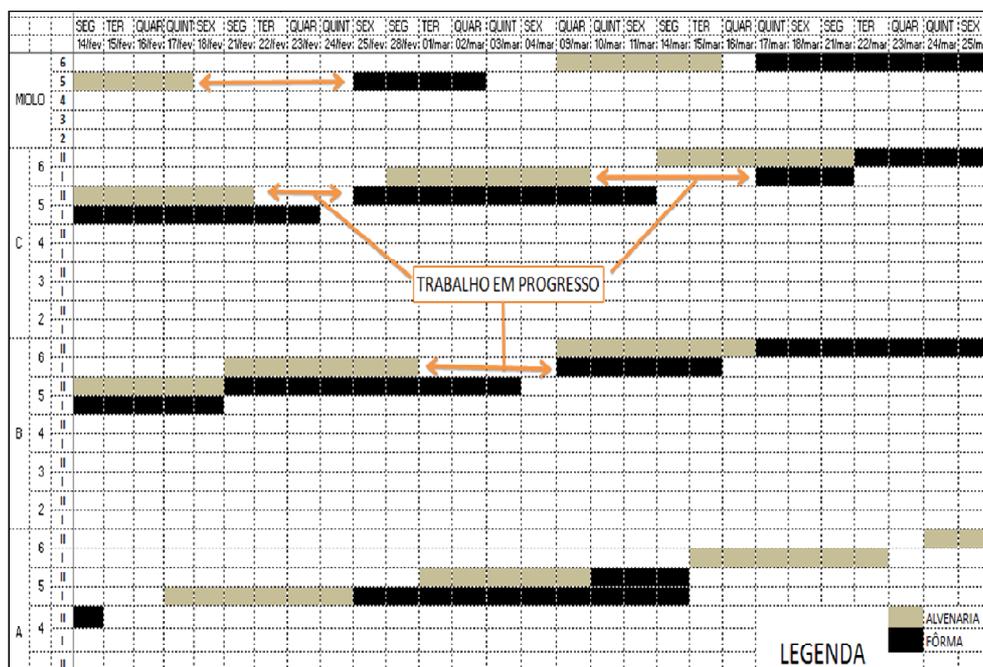


Figura 23-Trabalho em progresso criado por falta de balanceamento das equipes de alvenaria e fôrma

Com relação à análise do PPC, na Figura 24 é possível verificar que o empreendimento não alcançou a meta de 85% estabelecida pela empresa. Em parte, este desempenho relativamente baixo deve-se ao baixo percentual de implementação das práticas de curto e médio prazo, apresentados anteriormente.

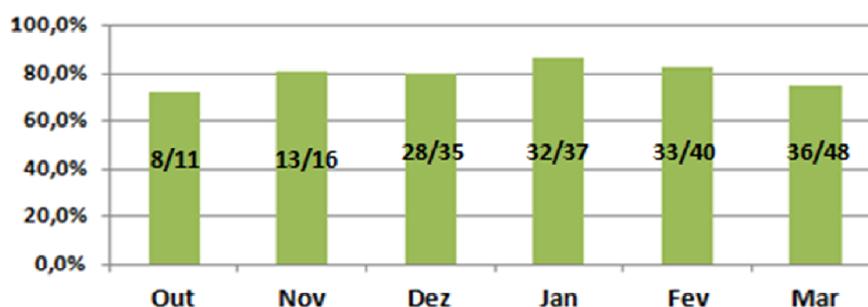


Figura 24- PPC do empreendimento 1

5.1.2.2. Ausência de integração qualidade e plano de curto prazo

O sistema de gestão da qualidade da empresa apresentava a Ficha de Verificação de Serviço (FVS) como principal ferramenta para controlar o serviço. Esta contém um conjunto de itens a ser inspecionado, com as respectivas tolerâncias estabelecidas para o produto final atender as características de desempenho desejadas (ANEXO B). Nesse ponto, cada serviço era controlado com base em um lote de inspeção, que pode ser um apartamento, no caso da instalação elétrica e hidrossanitária, ou mesmo um pavimento, como a alvenaria, laje e contramarcos.

No entanto, nas reuniões semanais não havia discussões a respeito do preenchimento dessa ferramenta ou se os pacotes tinham sido concluídos conforme os padrões de qualidade, ou mesmo a origem dos problemas de qualidade nos pacotes que não foram aprovados. Além disso, os retrabalhos necessários para corrigir serviços executados fora dos padrões de qualidade não eram planejados durante as reuniões, sendo sujeitos à incerteza provenientes de suas restrições. Outros problemas que podem ser causados pelo não planejamento dos retrabalhos são: (a) reduzir o desempenho de pacotes planejados, pois em alguns casos o pré-requisito de um pacote formal está sendo utilizado no retrabalho; (b) não ter registro se o retrabalho foi realizado, pois da mesma forma que foi negligenciado no PCP, pode não estar visível no sistema de gestão da qualidade.

A Figura 25 ilustra a ausência de integração entre o sistema de PCP e o sistema da qualidade no empreendimento.

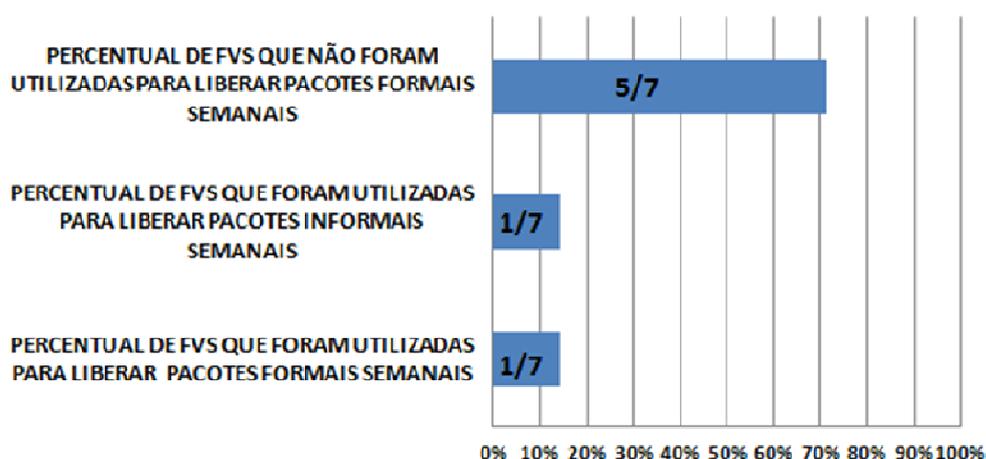


Figura 25- Integração entre qualidade e curto prazo

Proposta de método de controle integrado entre produção e qualidade com mensuração de perdas por *making-do* e pacotes informais

Ao todo foram analisados 7 FVS durante os 3 meses de estudo, foi verificado que cerca de 72% delas não foram utilizadas para liberar pacotes formais, ou seja, a inspeção da qualidade ocorreu após o pacote ter sido considerado concluído. Por outro lado, 14% foram utilizadas para liberar pacotes informais, e apenas 14% utilizadas para liberar pacotes formais

5.1.2.3. Módulo de identificação de perdas por *making-do*

A aplicação do módulo de identificação de perdas por *making-do* permitiu compreender melhor o impacto gerado na produção devido à execução das atividades sem que todas as restrições fossem removidas. Nesse ponto, as três categorias de perdas mais frequentes seguiam a seguinte ordem: (a) área de trabalho, (b) instalações provisórias, e (c) acesso e mobilidade (Figura 26).

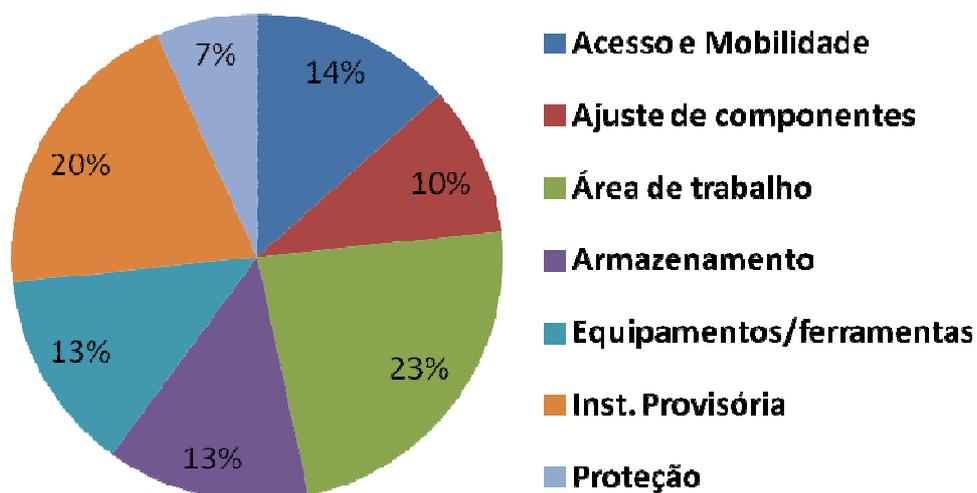


Figura 26- Categoria de perdas por *making-do* para o período de duas semanas

As perdas relacionadas à categoria área de trabalho eram referentes, principalmente, à ausência de bancada de trabalho tanto em pacotes formais de alvenaria que necessitaram de ajustes em blocos para fixação de caixinhas elétricas (Figura 27), quanto em pacotes informais referentes às instalações hidrossanitárias.



Figura 27- Ausência de bancada de trabalho para ajuste de blocos nos pavimentos

Quanto às instalações provisórias, foram identificadas improvisações nas instalações elétricas provisórias (Figura 28), as quais geravam risco de choque elétrico devido a estarem obstruindo a passagem dos funcionários. As instalações hidráulicas provisórias também apresentavam improvisações, pois nem sempre havia ponto de água disponível para os serviços, o que resultou em muita movimentação dos funcionários para coletar água. Nesse ponto, foi verificado que tais improvisações ocorriam principalmente nos pavimentos em que eram iniciados pacotes informais referentes ao revestimento interno.



Figura 28- Improvisação para suspender fiação de instalação elétrica

As perdas referentes a acessos e mobilidade ocorriam principalmente em ocasiões verificadas de interferência entre equipes, como, por exemplo, quando os serviços de proteção periférica obstruíam o acesso dos pedreiros que estavam executando serviço de alvenaria estrutural (Figura 29).



Figura 29- Madeiras que seriam usadas na proteção de periferia interferindo na movimentação das equipes

A análise das improvisações permitiu identificar a natureza das perdas registradas (Figura 30), ou seja, os pré-requisitos que não estavam disponíveis e que possivelmente originaram as perdas por *making-do*.

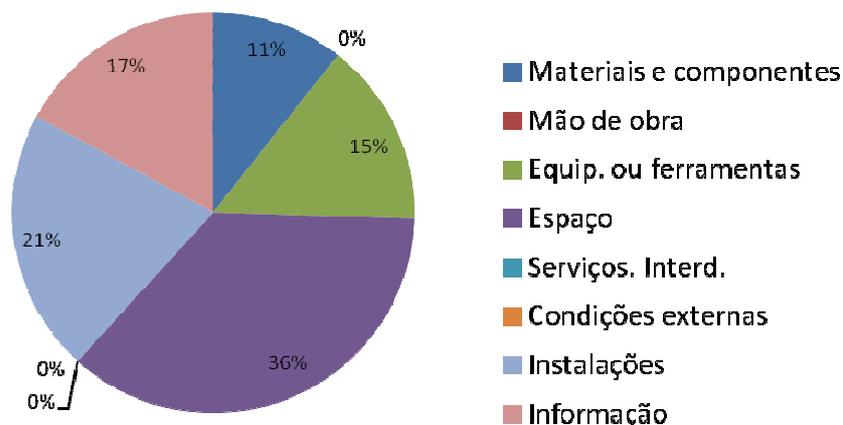


Figura 30- Pré-requisitos indisponíveis que possivelmente originaram as perdas por *making-do* no empreendimento 1

A Figura 30 indica que grande parte das perdas por *making-do* estava relacionada ao pré-requisito espaço (36%), visto que a grande dispersão de equipes em pacotes informais dificultava o planejamento e controle do acesso às áreas de trabalho, circulação ou armazenamento de materiais.

A indisponibilidade de instalações provisórias, ou seja, as que não atendiam às necessidades para execução do trabalho, corresponderam a 21% da origem das perdas

por *making-do*. Quanto ao pré-requisito informação (17%), destaca-se a ausência tanto de um estudo do método de trabalho, o qual refletia no desconhecimento das instalações e dos equipamentos específicos para execução das atividades, quanto de um estudo de balanceamento e sincronia das equipes que poderiam evitar os casos que geraram ajustes de componentes.

Quanto ao impacto das improvisações (Figura 31), em alguns momentos tal avaliação se baseou na observação direta da perda de materiais e retrabalho. Em outros momentos, foi realizada de maneira subjetiva, visto que se baseou na percepção do pesquisador e na experiência dos líderes de equipe, os quais relatavam alguma consequência que já ocorreu em uma improvisação semelhante realizada anteriormente. Nesse ponto, a perda de materiais (31%) foi identificada como o principal impacto das improvisações, sendo relacionadas ao armazenamento inapropriado de materiais, como também aos casos em que a ausência de bancada de trabalho favoreceu as perdas de materiais durante os ajustes de componentes.

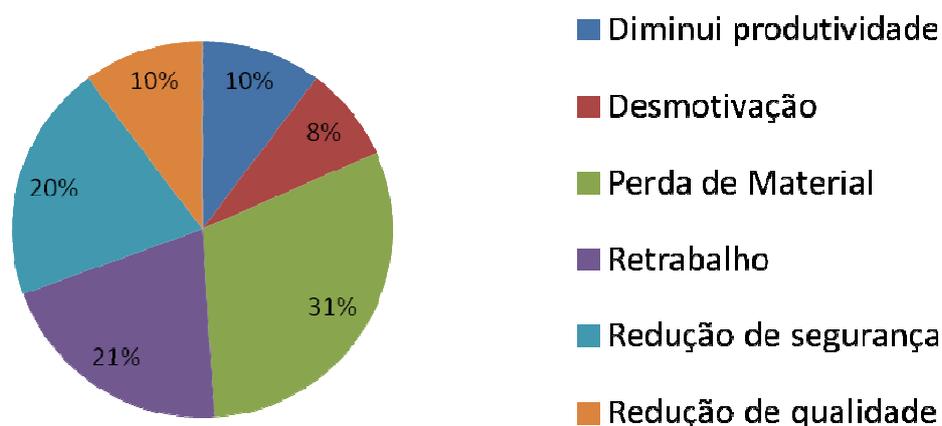


Figura 31- Impacto das perdas por *making-do*

Por fim, é importante destacar também os altos valores referentes ao retrabalho (21%) e à redução da segurança (20%). A utilização de equipamentos improvisados durante o grauteamento e os ajustes de componentes foram considerados como situações que podem favorecer o surgimento de retrabalho, enquanto as ocasiões em que a atividade foi executada sem proteção de segurança concluída e as instalações elétricas estavam em má condições de uso, foram consideradas como situações que reduzem a segurança das equipes.

5.1.2.4. Contribuições para o método de controle

Como foi abordado no item 4.2.1, a partir da etapa 1, foi elaborada uma proposta inicial para o método de controle da produção. Uma proposição que surgiu nesta etapa foi à necessidade de monitorar e classificar os pacotes informais semanais.

Pacotes informais

Considerava-se um pacote de trabalho como informal quando era realizado sem ter sido planejado durante a reunião de curto prazo. Os pacotes informais identificados eram contados de acordo com o local (pavimento) onde estavam sendo realizados. Estes pacotes eram registrados de acordo com a definição de pacote de trabalho proposto por Marchesan (2001), o qual apresentava um pacote como um conjunto de três fatores: uma ação, um elemento e um local. Dessa maneira, tem-se como exemplos de pacote informais: “Fixação de caixas elétricas 5º pav. setor C”; “Escareamento de viga 4º pav. setor B”; “Correção de caixas elétricas 3º pav. setor A”.

A partir da análise aprofundada de sua natureza foi possível separar os pacotes informais identificados em três categorias:

- Falta de terminalidade: representa que uma tarefa considerada concluída na semana anterior podia ainda estar em execução durante as semanas seguintes. Essa tarefa pode estar associada a alguns elementos (ex.: uma parede inteira) que faltavam ser executados ou mesmo pequenos detalhes (arremates).
- Novos: refere-se à antecipação de uma tarefa que, de acordo com a sequência do ciclo, iria ser iniciada apenas na semana seguinte;
- Retrabalho: atividades relacionadas à correção de pacotes executados sem qualidade no ciclo de produção anterior.

5.1.2.5. Módulo de identificação dos pacotes informais

No acompanhamento das atividades no canteiro durante uma semana, constatou-se que cerca de 40% dos pacotes executados eram informais, como pode ser verificado na Figura 32.

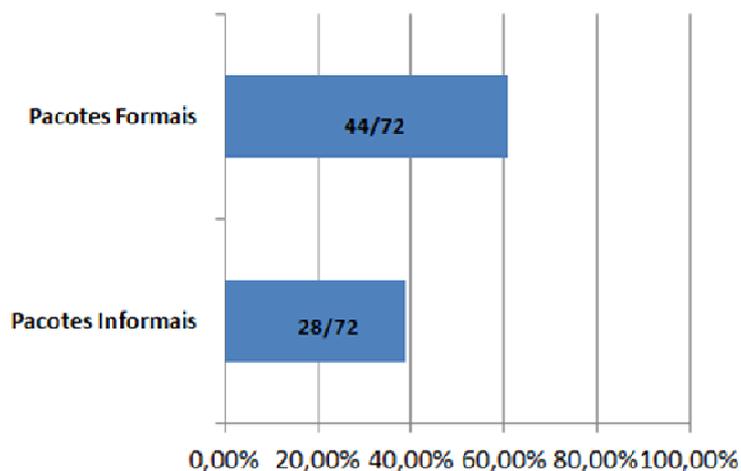


Figura 32- Pacotes informais durante uma semana

Conforme a Figura 33, a categoria de pacotes informais com maior frequência referia-se a pacotes novos. Estes eram representados pelas frentes de serviço abertas durante a semana, como foi o caso das atividades de revestimento interno, impermeabilização e instalação hidrossanitária. Este problema normalmente era resultado da falta de participação das equipes na reunião semanal, ou por não existir negociação na definição dos pacotes e programação de tarefas reservas.

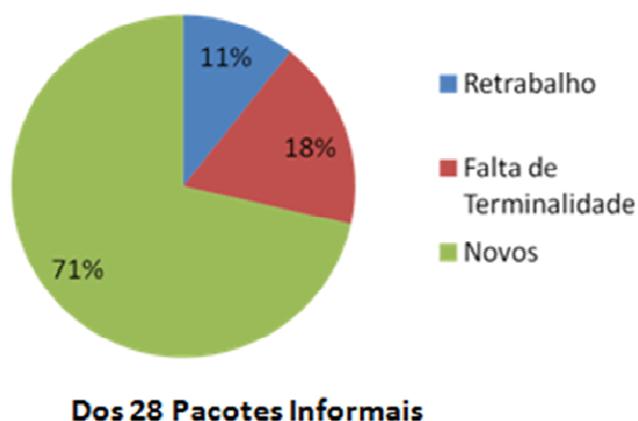


Figura 33- Caracterização dos pacotes informais durante uma semana

Com relação à categoria falta de terminalidade, referiam-se à elevação de algumas paredes internas, e principalmente à fixação das caixas elétricas nas paredes de pavimentos inferiores. Este último problema ocorria, principalmente, devido à falta de

balanceamento entre a equipe de alvenaria e a equipe elétrica, como mencionado anteriormente.

Quanto à categoria retrabalho, foram identificados pacotes referentes à correção de pontos de graute, rasgos na alvenaria para correção dos pontos elétricos (Figura 34) e pequenas correções nas dimensões de vigas e lajes.



Figura 34- Pacotes informais por Retrabalho

5.1.3. Discussões Finais

A aplicação do IBPPCP indicou que o grau de implementação das práticas de PCP no empreendimento era de 53,3%. Como a empresa tinha interesse em resgatar algumas práticas que anteriormente eram aplicadas nas suas obras, o IBPPCP, a análise do PPC e o método de identificação de perdas por *making-do* permitiram identificar algumas oportunidades de melhorias para o sistema de PCP:

- Plano de curto prazo: melhorar a negociação dos pacotes a ser realizado, inserir pacotes reserva para proteger a produção de imprevistos durante a semana, aprofundar o questionamento sobre os motivos que impediram o pacote de ser concluído e programar ações corretivas, abordar nas reuniões questões referentes a restrições de segurança e à qualidade dos pacotes executados, melhorar a definição dos pacotes de trabalho e programar apenas pacotes livres de restrições;

- Plano de médio prazo: formalizar e criar uma rotina para o planejamento, manter atualizado o planejamento e controle de fluxos físicos, analisar restrições não só relacionadas a materiais e mão de obra, mas também ao balanceamento e sincronia das equipes, ao acesso à área de trabalho, circulação ou estoque de materiais e às instalações provisórias. Além disto, utilizar indicadores que avaliem a remoção de restrições;
- Plano de longo prazo: diminuir o grau de detalhes das atividades e utilizar ferramentas que permitam visualizar o plano de ataque da obra, como a linha de balanço.

Quanto à integração entre o sistema da qualidade e de PCP, apesar do caráter exploratório da coleta, os resultados indicaram que cerca de 70% das FVS analisadas não foram utilizadas para avaliar a conclusão dos pacotes formais, sendo estes considerados concluídos apenas pelo sistema de PCP. Por outro lado, foi importante verificar que alguns pacotes mesmo sendo informais para o sistema de PCP sofriam inspeção pelo sistema da qualidade.

O estudo permitiu verificar que cerca de 35% dos pacotes executados durante a semana eram informais. Como possíveis causas para o surgimento dos mesmos podemos destacar: a) A ausência de um controle integrado entre o planejamento de curto prazo e o sistema da qualidade; b) Baixo percentual de implementação das práticas de médio e curto prazo no empreendimento; c) Tradicionais relações contratuais voltadas para a otimização de recursos em detrimento da terminalidade das atividades.

5.1.4. Conclusões da etapa 1

A etapa 1 propiciou reflexões importantes. Primeiramente, os resultados confirmou-se a relevância de se mensurar as perdas por *making-do*, visto que, semelhante ao encontrado na bibliografia, tal tipo de perda pode ser a fonte de outras perdas na produção, tais como a redução da segurança, a diminuição da produtividade, retrabalho e perdas de material.

Em segundo lugar, foi identificada a forte relação das perdas por *making-do* com a baixa implementação de algumas práticas relacionadas ao planejamento de médio prazo dos empreendimentos, tais como o planejamento e controle de fluxos físicos e a remoção sistemática de restrições. Os resultados ainda indicaram que restrições

referentes aos equipamentos e as instalações elétricas, de segurança ou de água deve considerar não só as disponibilidades dos mesmos, como também ser avaliado se estão em boas condições para o uso.

Como outro resultado importante, o estudo indicou que a presença de pacotes informais sendo executados durante as semanas podem limitar a eficácia da gestão em eliminar as perdas por *making-do*. Tais pacotes, além de serem executados sem que todas suas restrições estejam removidas, dificultam o planejamento e controle do acesso às áreas de trabalho, circulação ou armazenamento de materiais devido à dispersão das equipes. Isto aponta, também, que a inadequada implementação do planejamento e controle de curto prazo também influencia no surgimento de perdas por *making-do*.

Em terceiro lugar, assim como sugerido por Formoso *et al.* (2011), a elaboração de procedimentos padrão e a sua aplicação podem evitar o surgimento de perdas por *making-do*. De fato, se o plano detalhado dos processos críticos do empreendimento fosse mais completo, incluindo acesso à área de trabalho, circulação e estoque mínimo de materiais, equipamentos de apoio, balanceamento e sincronização das equipes, sua aplicação poderia ter sido mais eficaz. Assim, poderia ser evitado não só o atraso no ciclo do lote de produção, mas também o surgimento de muitas perdas por *making-do*.

Em quarto lugar, a análise aprofundada dos pacotes informais apontou que perdas por retrabalho e falta de terminalidade, reconhecidos na literatura como importantes problemas da construção civil, são frequentemente negligenciadas no sistema de gestão dos empreendimentos. Nesse ponto, o estudo exploratório permitiu identificar como uma potencial função do método de controle da produção a ser proposta, a mensuração destas perdas, de forma a compreender a sua origem e sugerir ações corretivas para evitá-las.

Por fim, os resultados da etapa 1 da pesquisa sugerem a existência de uma relação entre as perdas por *making-do*, retrabalho e falta de terminalidade e a ausência de integração entre os sistemas de gestão da qualidade e o PCP. Dessa maneira, o desenvolvimento de mecanismos de integração tornaria o método de controle mais eficaz no combate a essas perdas.

5.2. RESULTADOS DA ETAPA 2

Conforme foi mencionado no item 4.2.2, a etapa 2 tinha por finalidade estruturar os elementos e instrumentos que compõem o método. Como os estudos X e Y ocorreram de maneira sequencial, às conclusões fornecidas ao final do primeiro estudo permitiram o refinamento do método. Assim, a estrutura dos resultados da etapa 2 seguem a mesma sequência cronológica da pesquisa, sendo apresentado inicialmente os resultados e a avaliação do estudo X, depois os resultados e a avaliação do estudo Y e, por fim, a conclusão da etapa 2.

Cabe salientar que, como os estudos X e Y foram realizados em empreendimentos da empresa A, o sistema de PCP da empresa não será novamente apresentado.

5.2.1. Resultados do Estudo X

5.2.1.1. Considerações sobre o sistema de PCP

Com base no indicador IBPPCP, observou-se nesta obra um pequeno aumento no grau de implementação em práticas relacionadas ao planejamento de curto prazo do empreendimento, em relação às obras anteriores (Figura 35).

Descrição da prática (ou elemento do modelo)	Estudo de caso X
Práticas relacionadas ao planejamento de curto prazo	42%
Tomada de decisão participativa nas reuniões de curto prazo	0,5
Rotinização das reuniões do curto prazo	1
Realização de ações corretivas a partir das causas do não cumprimento dos planos	0
Programação de tarefas suplentes	0
Inclusão no plano de curto prazo apenas de pacotes de trabalho cujas restrições foram removidas	0,5
Definição correta dos pacotes de trabalho	0,5
Práticas relacionadas ao Planejamento de médio prazo	50%
Planejamento e controle dos fluxos físicos	0,5
Rotinização do planejamento de médio prazo	0,5
Remoção sistemática das restrições	0,5
Práticas relacionadas ao planejamento de longo prazo	67%
Utilização de indicador para avaliar o cumprimento de prazo da obra	1
Elaboração de um plano de longo prazo que permite a visualização do plano de ataque da obra	0
Atualização sistemática do plano mestre para refletir o andamento da obra	1
Práticas gerais relacionadas ao processo de planejamento	83%
Formalização do processo de PCP	1
Utilização de dispositivos visuais para disseminar as informações no canteiro	1
Análise crítica do conjunto de dados	0,5
IBPPCP	62%

Figura 35- Índice de boas práticas do estudo de caso X

Este aumento era referente a uma maior participação de determinados líderes de equipe nas reuniões de curto prazo, especialmente o encarregado do serviço de estrutura, o qual auxiliava a equipe de gestão na definição dos prazos das tarefas relacionadas a esse serviço. No entanto, apesar da melhora, as práticas de curto prazo ainda apresentavam um grau relativamente baixo de implementação (42%).

Plano detalhado do ciclo do processo de alvenaria

O processo de alvenaria não apresentava um plano formal para controle semelhante ao verificado no estudo exploratório. Porém, existiam no procedimento operacional práticas que deveriam ser seguidas durante a execução das atividades. Aliado a este procedimento, existia uma estratégia de execução não formalizada entre os membros da equipe que incluía a sequência de execução a ser seguida.

Dentre as práticas identificadas no procedimento operacional da empresa, deve ser previsto para cada pavimento que estiver em execução um painel com as vistas de modulação de alvenaria. Além disso, consta que o ciclo de alvenaria deveria ser iniciado após conferência e liberação do serviço que a antecede. Neste aspecto, o chapisco rolado e as telas de ancoragem deveriam estar concluídos no prazo mínimo de três dias antes do início da alvenaria.

Ainda sobre o procedimento operacional, foi verificado que o tempo de ciclo para conclusão de um lote de produção (um pavimento) deveria ser de 7 dias. Nesta duração, não estão incluídas as paredes que compõem a lareira e churrasqueira, em vermelho na Figura 36, pois estas são executadas em outro momento.

Quanto à estratégia de execução, com base em entrevista com o encarregado do serviço, constatou-se que era priorizada a execução das paredes no interior do pavimento, as quais estão representadas na cor azul na Figura 36, e eram classificadas como “paredes de circulação”. Tal priorização era fundamentada no interesse do técnico de segurança de eliminar os riscos de acidente nas localidades próximas aos vãos do elevador e escada, visto que eram onde as equipes normalmente circulavam com os materiais.

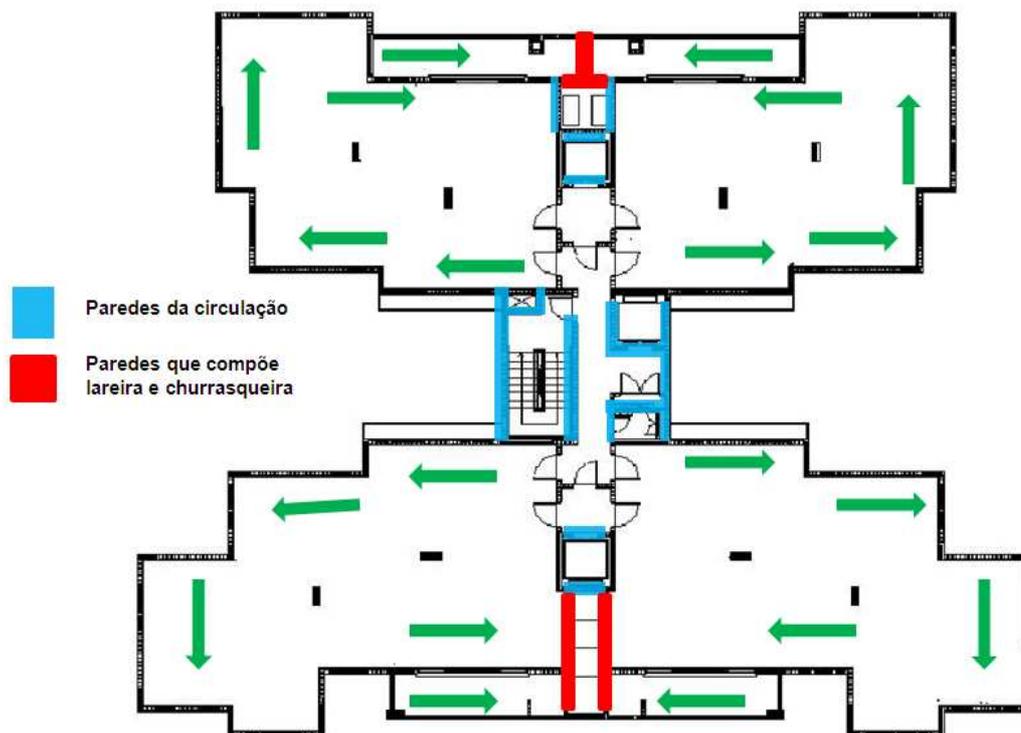


Figura 36- Estratégia de ataque e representação das paredes

Após a realização das paredes da circulação, normalmente cada pedreiro se direcionava para um apartamento e procurava seguir a sequência indicada pela seta em verde (Figura 36). Porém, o encarregado salientou que, como existia apenas um funcionário responsável pela parte hidráulica, era necessário haver uma coordenação entre os membros da equipe, de forma a evitar que duas paredes com pontos hidráulicos fossem programadas para o mesmo momento.

Plano detalhado do ciclo do processo de estrutura

Quanto ao processo de estrutura, existia no procedimento operacional da empresa uma sequência diária de tarefas para concluir o lote de produção (um pavimento) em sete dias. No início do quarto dia, deveria ser concretado os pilares e no último dia do ciclo, concretada a laje.

O controle da sequência de execução das tarefas diárias era realizado no planejamento semanal, visto que os pacotes definidos na reunião semanal eram normalmente padronizados (Figura 37) e consistia no agrupamento de algumas tarefas diárias retiradas do procedimento operacional da empresa.

Brocca - Fôrma	Fechamento painéis externos, alinhamento vigas e nivelamento fôrma 13º pav	14	14	8			
Brocca - Aço	Aço vigas, positivo e negativo 13º pav	8	8	8			
Obra	Concretagem laje 13º pav			6			
Brocca - Fôrma	Marcação colarinhos e fechamento fôrma pilares 14º pav				14		
Brocca - Aço	Aço pilares e vigas 14º pav				8	8	
Brocca - Fôrma	Fundo de vigas e painéis internos 14º pav					14	

Figura 37- Pacotes semanais referentes ao processo de estrutura

Em paralelo ao controle formal dos pacotes de trabalho, era utilizado um mecanismo de controle informal, o qual se concentrava na percepção do encarregado sobre o atraso das atividades. O objetivo deste mecanismo era que a gerencia e as equipes tivessem conhecimento do progresso das atividades a tempo de realizar alguma ação corretiva. Esse mecanismo consistia em reuniões informais durante a semana em que o encarregado do serviço informava a gerencia e equipes envolvidas no serviço sobre a necessidade de transferir o dia de concretagem dos pilares ou da laje.

Desempenho do sistema de PCP

Quando o pesquisador iniciou o acompanhamento do processo de alvenaria, estavam sendo executados dois lotes em paralelo na torre X1. Baseado no ciclo de 7 dias, constatou-se no decorrer das semanas a falta de aderência ao ciclo do processo (Figura 38). De fato, pode-se observar na mesma Figura 39 que dentre os lotes de produção acompanhados na torre X1, apenas o oitavo pavimento atingiu a meta de 7 dias de ciclo.

A falta de aderência não era percebida pelo gerente da obra pois os pacotes planejados nas reuniões semanais eram definidos de maneira muito ampla, o que resultava em um desconhecimento sobre o real progresso das atividades e dos motivos do atraso na execução dos ciclos. Neste aspecto, podem ser mencionados como causa raiz para o tempo de ciclo excessivamente longo e variável: (a) desbalanceamento das equipes, pois apenas uma equipe elétrica e hidráulica era utilizada para auxiliar duas equipes de alvenaria; (b) o guincho utilizado para transporte de *pallets* estava sobrecarregado por também transportar as ferragens dos pilares; (c) número insuficiente de andaimes e escantilhões para duas equipes de alvenaria; e (d) desbalanceamento entre o serviço de chapisco rolado e telas de ancoragem e o serviço de alvenaria.

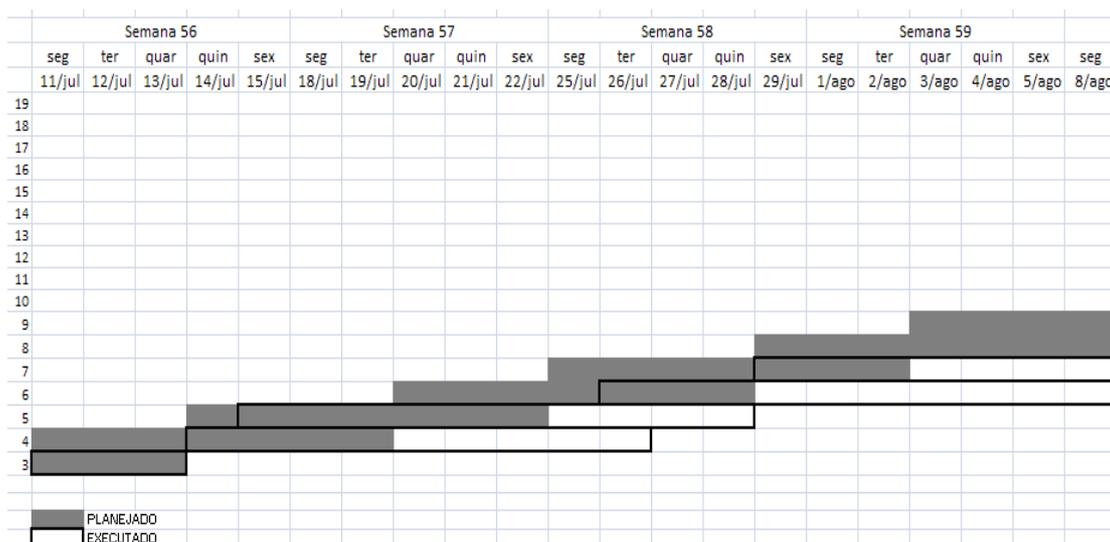


Figura 38- Aderência do processo de alvenaria em relação ao lote planejado na torre X1

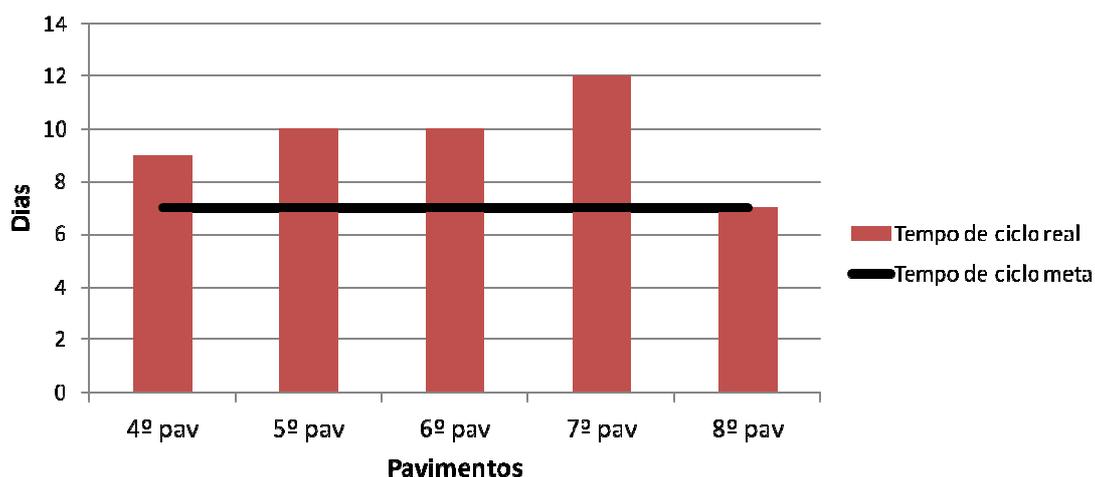


Figura 39- Aderência dos lotes de produção de alvenaria da torre X1 ao ciclo de 7 dias

Quanto ao processo de estrutura, constatou-se que a estratégia de execução adotada não seguia o procedimento operacional da empresa e, conseqüentemente, os pacotes não refletiam a seqüência que as equipes seguiam diariamente. Tal distorção ocorria logo no primeiro dia de ciclo, visto que a capacidade produtiva da equipe de ferreiros não atendia a demanda de montar todos os pilares do pavimento no mesmo dia (Figura 40).



Figura 40- Alguns pilares ainda abertos no segundo dia do ciclo

Nesse aspecto, o encarregado comentou durante uma entrevista que, apesar de existir uma estratégia de execução, na prática as atividades eram selecionadas de acordo com a disponibilidade mínima de recursos necessários para ser iniciada. Segundo o mesmo, “o objetivo que as equipes seguem é deixar o pavimento pronto no dia da concretagem dos pilares e da laje”.

Dessa maneira, as equipes não priorizavam a terminalidade das tarefas no pavimento de uma maneira concatenada, ou seja, eventos como o barroteamento e o posicionamento de fundos de vigas não eram executados de maneira sequencial em cada lote de produção, o que dificultava a realização de um controle formal sobre o progresso das atividades.

Apesar disso, observando a Figura 41, é possível verificar que apenas em dois lotes de produção o tempo de ciclo ultrapassou a meta de 7 dias. Os casos que ultrapassaram o ciclo produtivo são consequência principalmente de dias de chuva durante o ciclo e de visitas da fiscalização do Ministério do Trabalho, situações que interromperam a execução das atividades.

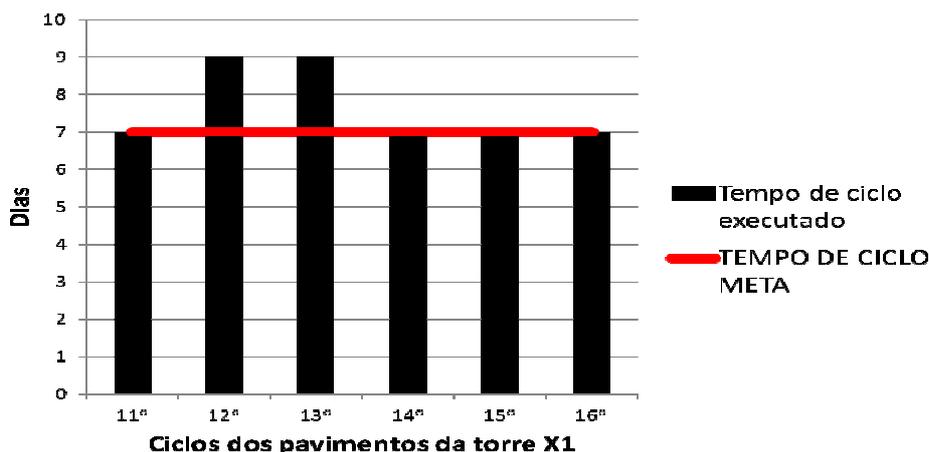


Figura 41- Aderência ao tempo de ciclo da estrutura

Como medidas criadas para alcançar ou se aproximar do tempo de ciclo meta estavam: (a) realização de hora extra aos sábados; (b) diminuição do lote para atividades como barroteamento, posicionamento de fundo de vigas e painéis externos ou instalações embutidas; (c) utilização do encarregado como funcionário extra durante as atividades de fôrma; (d) solicitação da transferência das datas do caminhão de concreto quando for percebida a possibilidade do prazo não ser alcançado, pois a reprogramação com certa antecedência fornecia mais opções de datas.

Analisando a Figura 42 é possível verificar os altos valores referentes ao PPC. Nesse ponto, outras evidências deveriam ser identificadas para explicar o excelente desempenho do PPC neste empreendimento, já que a aplicação do IBBPCP apontou a inadequada implementação das práticas de curto e médio prazo no empreendimento.

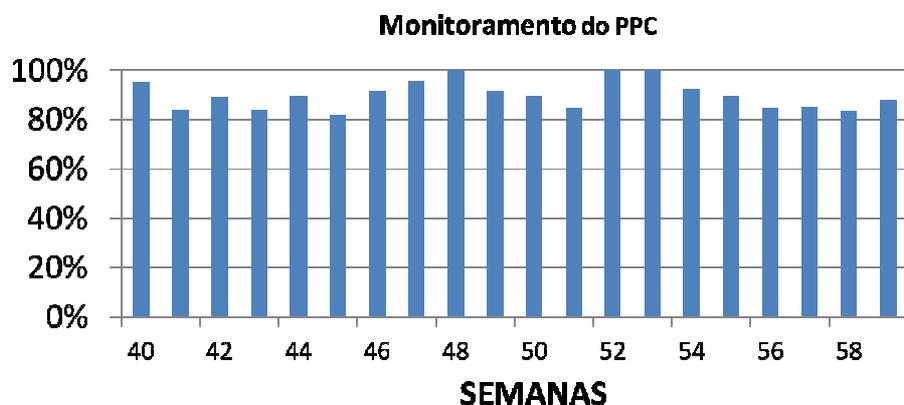


Figura 42- PPC coletado referente ao empreendimento X

Um fator que explica os altos valores do PPC está no pouco detalhamento de alguns pacotes. Por exemplo, o pacote “alvenaria do 7º pavimento”, não definia quantas ou quais paredes deveriam ser executadas, fazendo com que, a avaliação sobre a conclusão do pacote se tornasse subjetiva, podendo causar uma distorção no PPC.

5.2.1.2. Ausência de integração entre qualidade e planejamento de curto prazo

Em relação ao processo de execução de alvenaria, apesar de ser possível realizar ao final de cada semana a conferência dos itens presentes na FVS, o controle da qualidade não ocorria de maneira sistemática. Nesse aspecto, as não conformidades apenas eram registradas quando o mestre informava que havia ordenado refazer alguma parede, mesmo tendo decorrido muito tempo após a realização da atividade.

Quanto ao processo de estrutura, os itens de conferência consideravam que as atividades eram concluídas de maneira sequencial no pavimento, porém, como mencionado anteriormente, estas apenas eram concluídas no dia de concretar os pilares e na concretagem da laje. Assim, muito esforço e tempo eram despendidos para conferir os itens presentes na FVS, pois a falta de terminalidade fazia com que o controle fosse concentrado em certos momentos da obra (por exemplo, imediatamente antes de concretar pilares).

5.2.1.3. Contribuições ao desenvolvimento do método de controle

O estudo de caso X permitiu estruturar apenas os módulos de identificação de perdas por improvisação e identificação de pacotes informais. Neste aspecto, a estruturação do primeiro módulo envolveu o refinamento das categorias propostas por *Sommer* (2010), enquanto no segundo módulo, a estruturação envolveu o desenvolvimento de planilhas, de procedimentos de coleta e tratamento de dados.

Perdas por making-do

O refinamento do módulo resultou na modificação do método proposto por *Sommer* (2010) em dois aspectos. O primeiro aspecto estava relacionado à inclusão de uma nova categoria de perda, definida como sequenciamento, que se refere à alteração na ordem de produção de determinado processo, ou rearranjo da sequência de ataque.

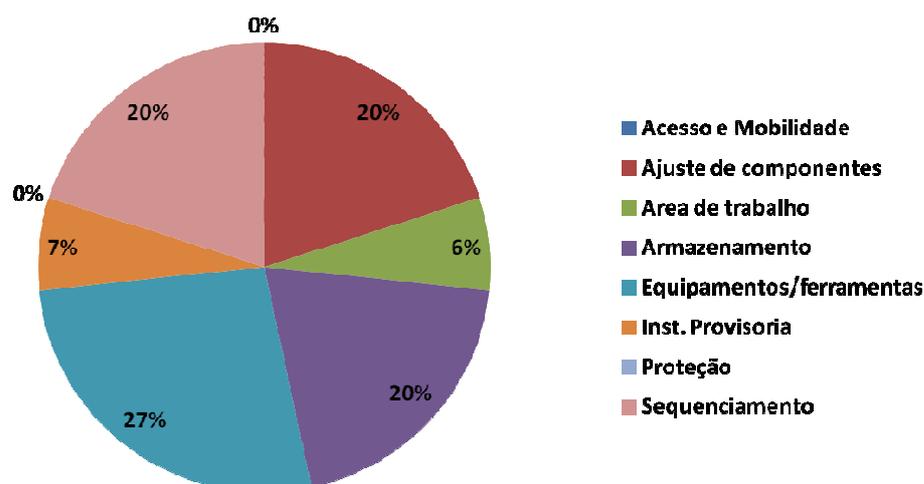


Figura 44- Categoria de perdas por improvisação no processo de alvenaria durante a 5ª, 9ª e 10ª semana

As perdas envolvendo equipamentos/ferramentas ocorriam principalmente nos pacotes informais por falta de terminalidade e retrabalho, identificados na torre X2. Estas perdas estavam associadas à disponibilidade apenas de escantilhões com altura inferior à necessária para a execução das paredes do *shaft*, ou a utilização de régua de reboco para os casos em que o nenhum tipo de escantilhão estava disponível (Figura 45).



Figura 45- Perdas por improvisação relacionada à categoria Equipamentos/ferramentas

Quanto às perdas relacionadas a ajustes de componentes, esta era consequência de ajustes de blocos para paredes cujos blocos específicos da modulação não estavam disponíveis no momento da execução, qual era uma consequência do guincho estar sobrecarregado e normalmente, atrasar no fornecimento destes blocos. As perdas por armazenamento eram devido ao frequente posicionamento desordenado de pré-

moldados e blocos, que resultava em danos nos mesmos e em interferências no fluxo das equipes (Figura 46).



Figura 46- Improvisação no armazenamento de pré-moldados e blocos

Por fim, os casos registrados na categoria sequenciamento eram reflexos do início das atividades no pavimento sem que o chapisco rolado e as telas de ancoragem estivessem concluídas, e nos casos de ausência de blocos cunha, os quais fizeram com que as equipes invertessem a sequência de ataque das paredes.

Quanto à avaliação dos pré-requisitos que originaram as perdas por *making-do*, constatou-se que a maioria dos eventos de improvisação estava relacionada à indisponibilidade dos materiais e componentes adequados no momento que era solicitado, o que resultou principalmente nos casos de perdas por ajustes de componentes e sequenciamento (Figura 47).

De acordo com a Figura 47, ainda foram identificadas como fontes de improvisação os pré-requisitos equipamentos/ferramentas, espaço e informação. A primeira delas foi considerada para os casos identificados de improvisação de equipamentos e ferramentas verificadas nos pacotes informais por retrabalho e falta de terminalidade.

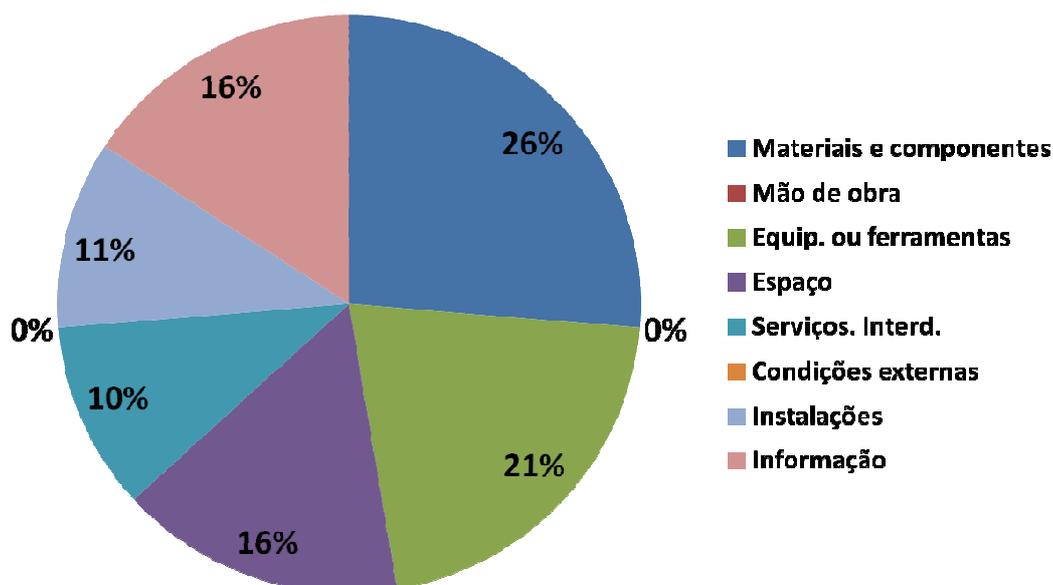


Figura 47- Pré-requisitos indisponíveis que possivelmente originaram as improvisações no processo de alvenaria

Quanto o pré-requisito Espaço, este foi considerado como fonte de improvisação das perdas relacionadas ao armazenamento, visto que não existia um local reservado para o melhor posicionamento dos blocos e pré-moldados. Dessa maneira, a ausência de um estudo de *layout* para o processo envolvia também o pré-requisito informação.

Por fim, a avaliação do impacto das improvisações permitiu identificar como possíveis consequências na produção a redução da qualidade e a perda de materiais (Figura 48). Nesse aspecto, tais impactos podem ser relacionados, principalmente, às situações verificadas de ajustes de componentes, equipamentos e ferramentas improvisadas e ao armazenamento.

De acordo com a Figura 48, outro impacto que pode ser gerado pelas improvisações observadas corresponde à falta de terminalidade. Tal impacto estava relacionado em alguns casos à alteração da sequência construtiva e, em outros, da estratégia de ataque. Nesse ponto, as equipes, por receberem por m² produzido, preferiam iniciar a elevação de alvenaria no próximo pavimento a concluir pequenos detalhes do pavimento que estavam trabalhando, tal como o posicionamento do bloco cunha na parede do elevador.

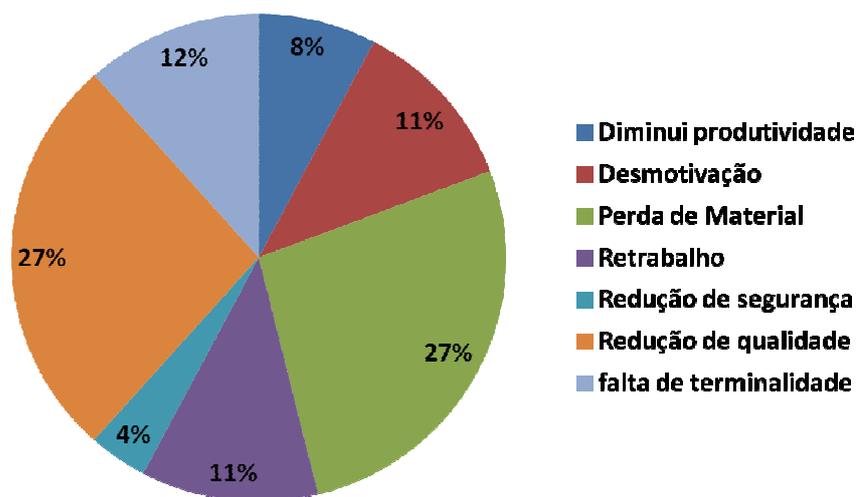


Figura 48- Impacto das improvisações no processo de alvenaria

Processo de execução de estrutura

Quanto à aplicação do módulo de identificação de perdas por improvisação no processo de estrutura, foi verificada como principal perda a categoria acesso/mobilidade (Figura 49).

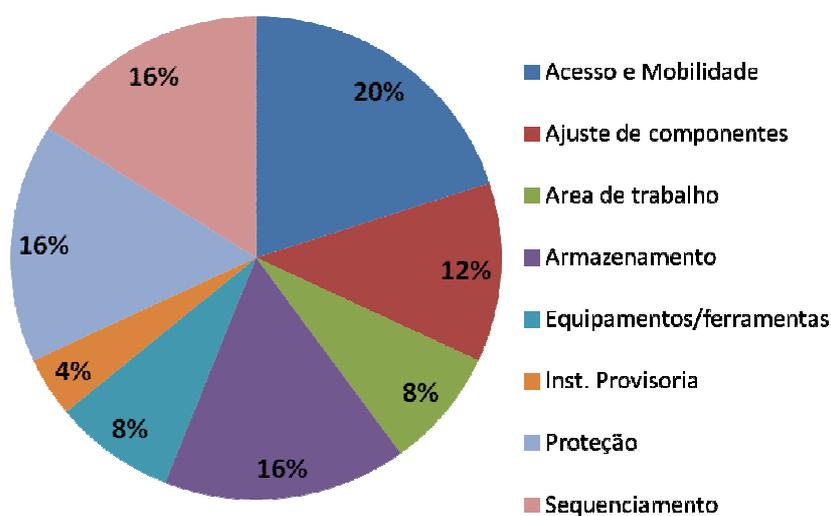


Figura 49- Categorias de perdas por *making-do* no processo de estrutura

Estas eram relacionadas ao posicionamento dos carpinteiros sob a estrutura de escoramento e prumo durante as tarefas de barroteamento e fixação do fundo e lateral das vigas. Isto acontecia porque os bancos e andaimes existentes prejudicavam a mobilidade dos carpinteiros durante a execução da atividade (Figura 50).



Figura 50- Funcionários se apoiando em escoras e barrotes a procura de melhor posicionamento para execução das atividades

Outras três categorias de perdas se destacaram: sequenciamento; armazenamento; e, proteção. A primeira delas estava relacionada aos casos mencionados anteriormente no item 5.2.1.1, em que a sequência ideal era prejudicada logo no início do ciclo devido à indisponibilidade da armadura de alguns pilares do lote. Nesse ponto, a inversão da sequência construtiva se propagava nas etapas seguintes até serem concluídas de forma conjunta nos dias de concretagem. Quanto às categorias de perdas armazenamento e a proteção, a primeira delas era evidenciada nos constantes casos de materiais e equipamentos espalhados desordenadamente (Figura 51), enquanto a última observada nos casos de a atividade ser realizada sem as instalações periféricas concluídas e cabos de linha de vida ancorados.



Figura 51 – Materiais armazenados desordenadamente

A Figura 52 apresenta os pré-requisitos que estavam indisponíveis e possivelmente originaram as improvisações: espaço, informação, e instalações. Os dois primeiros apresentavam uma forte relação entre si, pois o pré-requisito espaço destacou-se devido à ausência de zonas apropriadas para o armazenamento dos materiais, as quais poderiam ter sido definidas em um projeto de *layout* específico para cada processo. O pré-requisito informação ainda contemplava os estudos de balanceamento das atividades, visto que, normalmente, as perdas por sequenciamento ocorriam porque a equipe de armação não conseguia atender a capacidade produtiva da equipe de fôrma.

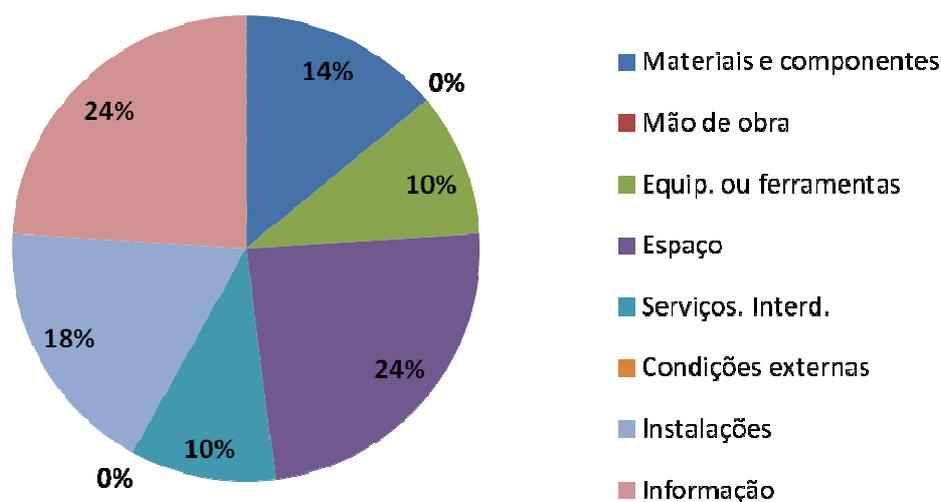


Figura 52- Pré-requisitos indisponíveis que possivelmente originaram as improvisações no processo de estrutura

Quanto ao pré-requisito instalações, estes estavam diretamente relacionadas às improvisações de proteção, visto que as atividades estavam sendo executadas sem que as instalações provisórias de segurança estivessem concluídas.

Por fim, a avaliação do impacto das improvisações identificou como principal consequência das perdas identificadas a redução de segurança (Figura 53). Tal impacto era referente, principalmente, às perdas por acesso/mobilidade e proteção. Neste aspecto, riscos mais comuns de acidentes apareceram, como por exemplo, o risco de queda dos funcionários que realizavam atividades em cima de escoras e barrotes.

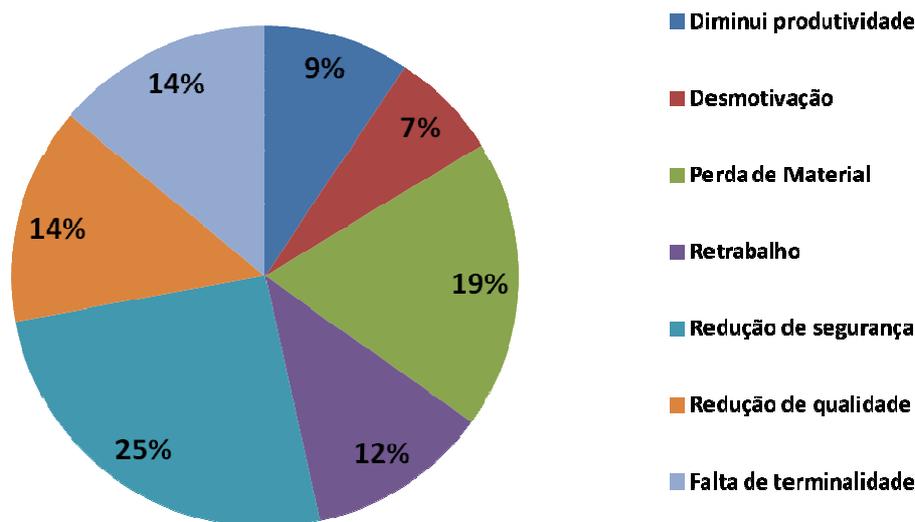


Figura 53- Impacto das improvisações no processo de estrutura

A Figura 53 ainda revela outros três impactos que se destacaram na avaliação: perda de material; falta de terminalidade; e redução de qualidade. Neste ponto, a falta de terminalidade e a redução de qualidade estão relacionadas, principalmente, às perdas por sequenciamento, enquanto a perda de material foi consequência principalmente das categorias armazenamento, ajustes de componentes.

5.2.1.5. Módulo de identificação de pacotes informais

Para cada processo acompanhado, são apresentados os resultados encontrados na aplicação do módulo de identificação de pacotes informais durante o período de 10 semanas. Como foi mencionado anteriormente no item 4.2.2.1, durante as cinco semanas de estudo foram acompanhados apenas os pacotes realizados na torre X1, visto que a torre X2 se encontrava embargada e entre a sexta e oitava semana, algumas visitas da fiscalização do Ministério do Trabalho interferiram na realização do planejamento semanal.

Processo de execução de alvenaria

Para este processo, os pacotes informais eram contados por pavimento. Isto foi seguido para manter uma coerência na comparação com os pacotes formais, visto que a gerência da obra planejava os pacotes de alvenaria de acordo com o pavimento, por exemplo, “elevação da alvenaria do 8º”.

Dessa maneira, observando a Figura 54 é possível concluir que durante as semanas, as equipes se dispersavam pelos pavimentos e executavam na maioria das vezes pacotes por falta de terminalidade. Isto aponta a grande quantidade de trabalho em progresso no empreendimento ao longo das semanas.

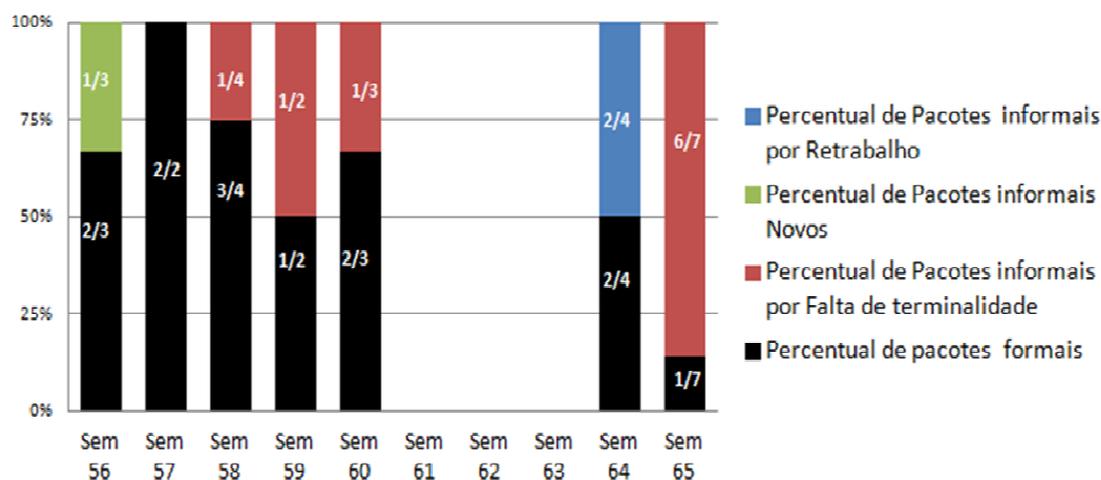


Figura 54- Caracterização dos pacotes realizados ao longo das 10 semanas

Conforme indicado na Figura 54, durante as semanas iniciais de estudo foi verificada a presença de pacotes informais novos e por falta de terminalidade. Os pacotes informais por falta de terminalidade se referiam ao posicionamento do bloco cunha nas paredes do elevador, enquanto os pacotes da categoria novos se referiam aos pacotes iniciados durante a semana para dar continuidade às equipes que concluíram pacotes antes do prazo planejado.

Quanto às duas últimas semanas acompanhadas, a Figura 54 permite identificar a presença de pacotes informais por retrabalho e falta de terminalidade, as quais ocorreram na torre X2. Isto evidencia a ausência de integração entre a qualidade e o planejamento de curto prazo.

Com relação aos pacotes informais por falta de terminalidade identificados na última semana de estudo, observou-se uma grande diferença entre a natureza dos pacotes que estavam sendo executados nas torres. Enquanto na torre X1, as equipes seguiam o ciclo normal de produção, ou seja, realizavam todas as paredes do pavimento, exceto as paredes que compõem a lareira e a churrasqueira, na torre X2 os pacotes informais por falta de terminalidade representavam os diversos pavimentos que recebiam arremates (Figura 55).

Proposta de método de controle integrado entre produção e qualidade com mensuração de perdas por *making-do* e pacotes informais

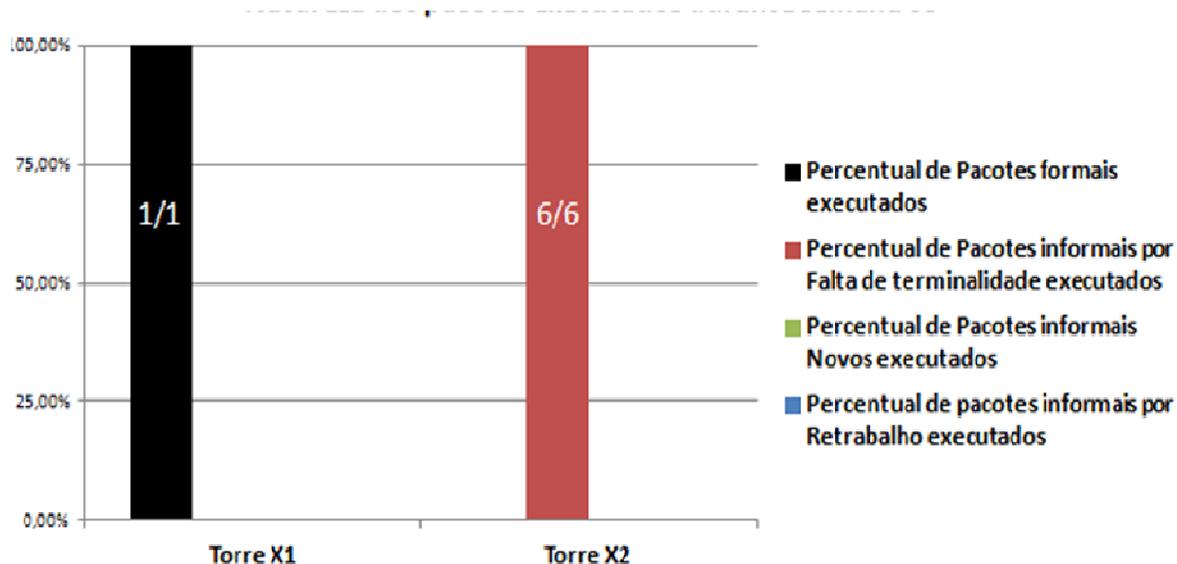


Figura 55- Natureza dos pacotes executados durante a última semana

Os pacotes informais por falta de terminalidade identificados na Figura 55 eram em sua maioria referente às paredes que compõem os *shafts* da varanda. Tais paredes não haviam sido concluídas devido às instalações suspensas não estarem posicionadas no momento que as equipes estiveram no pavimento (Figura 56).



Figura 56- Parede do *shafts* esperando ser concluída

Processo de execução de estrutura

Na Figura 57 é possível identificar a presença de pacotes informais ao longo das semanas. Conforme foi comentado no item 5.2.1.1, os pacotes planejados eram normalmente padronizados e consistiam no agrupamento de algumas tarefas da

sequência produtiva, as quais eram apresentadas no procedimento operacional da empresa. Dessa maneira, para permitir a comparação com os pacotes formais de estrutura, o pacote informal neste processo era contado de acordo com agrupamento da tarefa identificada, ou seja, um pacote informal era, por exemplo, “marcação dos colarinhos e fechamento de fôrma dos pilares do 15º pavimento”.

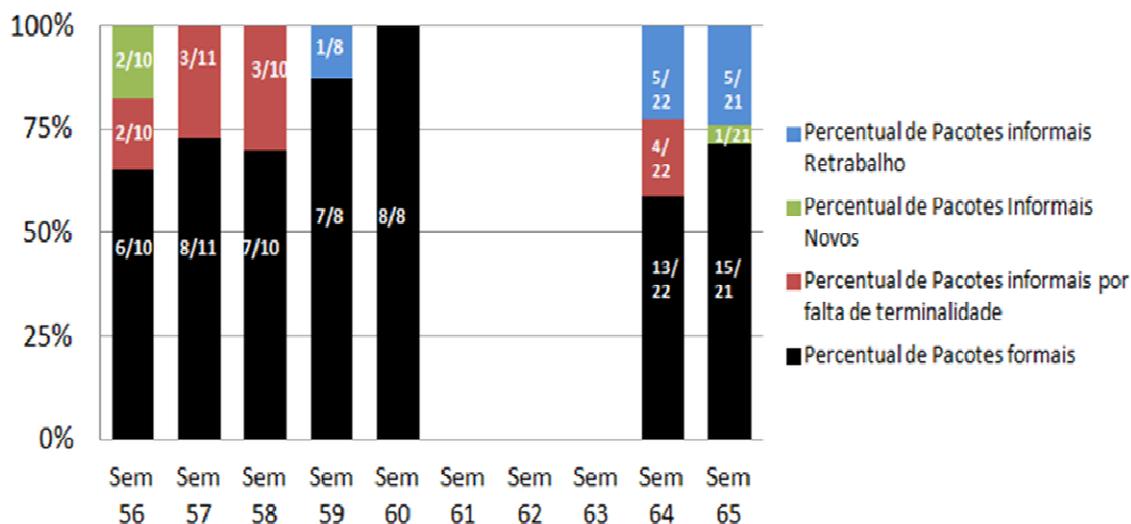


Figura 57- Caracterização dos pacotes realizados ao longo das 10 semanas

A partir da Figura 57, é possível concluir que as equipes nem sempre seguiam a sequência padrão de atividade definidas no procedimento operacional. De certa forma, os pacotes informais classificados em novos e os pacotes informais por falta de terminalidade, em muitos casos, evidenciavam as perdas por *making-do* classificados em sequenciamento, visto que, representavam a alteração da sequência de produção do lote.

Quanto aos pacotes informais por retrabalho identificados na Figura 57, estes eram corrigidos quando a atividade sucessora estava prestes a ser iniciada, como é o caso da constante correção das dimensões da varanda (Figura 58) para início da impermeabilização.



Figura 58- Regularização da varanda

5.2.2. Avaliação do estudo X

Como foi mencionado no item 4.2.4, o método de controle foi avaliado a partir dos constructos utilidade e facilidade de uso. Contudo, estes foram desdobrados em evidências apresentadas a seguir.

5.2.2.1. Utilidade

No que se refere à contribuição do método para percepção da necessidade de controlar as perdas por *making-do*, retrabalho e falta de terminalidade, uma das evidências identificadas surgiu a partir dos resultados da aplicação do módulo de identificação de perdas por *making-do*, visto que, foi verificada em ambos os processos acompanhados a redução da qualidade como um dos principais impactos que as perdas identificadas poderiam gerar na produção.

Outra evidência observada estava relacionada à presença de pacotes informais por retrabalho, pois, em ambos os processos, parecia estar associado à falta de sincronia entre os ciclos de controle da produção e da qualidade. Neste aspecto, a inspeção da conclusão com qualidade dos pacotes ocorria bem após a sua execução, normalmente próximo ao início do serviço subsequente.

O próprio desconhecimento das razões pela não execução com qualidade dos pacotes semanais era outra evidência da contribuição do método para percepção da necessidade de integrar o controle da produção à qualidade, visto que, devido ao longo tempo

decorrido da conclusão dos pacotes, não foi possível identificar as razões que originaram os retrabalhos.

Durante a apresentação dos resultados do estudo para o gestor geral de obras da empresa constatou-se um grande interesse por parte deste no módulo de identificação de pacotes informais, visto que, tornavam visíveis perdas normalmente negligenciadas na gestão da produção, como é o caso das perdas por retrabalho e falta de terminalidade.

Outra evidência relacionada à utilização dos resultados do método de controle para apoiar gestão do empreendimento surgiu durante a apresentação dos resultados do estudo X para os pesquisadores do NORIE-UFRGS. Estes sugeriram a mensuração da quantidade de mão de obra executando os pacotes informais. De fato, até o momento este módulo permitia mensurar a quantidade de pacotes informais, porém, não mensurava o impacto que tais pacotes estavam repercutindo no efetivo da obra.

Por fim, durante apresentação dos resultados à gerência da obra, esta não demonstrou interesse em utilizar os resultados do módulo de identificação de perdas por *making-do* para análise de restrições do médio prazo. Nesse ponto, o desinteresse estava relacionado à ausência de priorização das ações corretivas, visto que uma grande quantidade de improvisações era identificada, mas nem todas geravam impactos graves na produção.

5.2.2.2. Facilidade de uso

Para analisar a facilidade de uso, foi mensurado o tempo despendido nas coletas diárias de dados, na entrada de dados para processamento e no processamento dos dados em si, como apresentado na Figura 59. Neste ponto, foi verificado que aproximadamente duas horas eram despendidas diariamente para coleta de dados, já que, normalmente, os módulos eram aplicados simultaneamente ao acompanhar as atividades das equipes.

Quanto ao tempo despendido na entrada de dados para processamento, pode ser observado na Figura 59 um valor mais elevado para o módulo de identificação de perdas por improvisação, cerca de 45 minutos por semana. Grande parte do tempo era empregada na estruturação do banco de dados, pois, diferentemente do módulo de identificação de pacotes informais que utilizava a mesma estrutura apresentada na ferramenta de coleta, não havia uma ferramenta estruturada na identificação de perdas por improvisação no canteiro.

Sobre o processamento dos dados, verificou-se novamente um valor alto para o módulo de identificação de perdas por improvisação, cerca de 40 min por semana, enquanto a identificação de pacotes informais era em torno de 5 min (Figura 59). Isso se deve ao longo tempo despendido no processamento manual dos dados e nos diferentes tipos de análises.

Atividade	Estudo X	
	Módulo de identificação de pacotes informais	Módulo de identificação de perdas por improvisação
Coleta diária de dados	1,5 horas	2 horas
Entrada de dados para processamento	15 min/semana	45 min/semana
Processamento dos dados em si	5 min/semana	40 min/semana

Figura 59-Tempo aproximado despendido para as atividades principais com relação a cada módulo

Com relação à adequação ao processo existente, como o estudo de caso X apenas tinha o papel de estruturar o método de controle, não foi possível avaliar sua inserção ao processo de PCP existente. Por outro lado, quando apresentado os resultados do estudo, foi identificada a intenção do gestor geral de obras em aplicar o método em outro empreendimento da empresa, sendo definida a realização do estudo de caso Y.

5.2.3. Resultados do Estudo Y

5.2.3.1. Considerações sobre o sistema de PCP

A aplicação do IBPPCP no empreendimento Y apontou semelhanças com os resultados identificados nos outros empreendimentos da empresa A, apontando deficiências relacionadas principalmente à utilização de práticas de curto e médio prazo (Figura 60). Sobre as práticas de curto prazo, foi observada durante as reuniões de curto prazo a ausência de tarefas reservas no plano semanal, bem como a pouca participação das equipes na definição dos pacotes, os quais eram elaborados unicamente pela gerencia.

Outra prática de curto prazo que não estava implementada no empreendimento era a realização de ações corretivas a partir das causas do não cumprimento dos planos. Nesse ponto, durante as reuniões de curto prazo a gerencia não procurava identificar a causa raiz dos problemas, permitindo sua recorrência, como ocorreu nos pacotes de alvenaria que não eram concluídos por mau dimensionamento da tarefa.

Descrição da prática (ou elemento do modelo)	Estudo de caso Y
Práticas relacionadas ao planejamento de curto prazo	33%
Tomada de decisão participativa nas reuniões de curto prazo	0
Rotinização das reuniões do curto prazo	1
Realização de ações corretivas a partir das causas do não cumprimento dos planos	0
Programação de tarefas suplentes	0
Inclusão no plano de curto prazo apenas de pacotes de trabalho cujas restrições foram removidas	0,5
Definição correta dos pacotes de trabalho	0,5
Práticas relacionadas ao Planejamento de médio prazo	50%
Planejamento e controle dos fluxos físicos	0,5
Rotinização do planejamento de médio prazo	0,5
Remoção sistemática das restrições	0,5
Práticas relacionadas ao planejamento de longo prazo	67%
Utilização de indicador para avaliar o cumprimento de prazo da obra	1
Elaboração de um plano de longo prazo que permite a visualização do plano de ataque da obra	0
Atualização sistemática do plano mestre para refletir o andamento da obra	1
Práticas gerais relacionadas ao processo de planejamento	83%
Formalização do processo de PCP	1
Utilização de dispositivos visuais para disseminar as informações no canteiro	1
Análise crítica do conjunto de dados	0,5
IBPPCP	59%

Figura 60-Índice de boas práticas estudo de caso Y

Quanto às práticas de médio prazo, o grau de implementação era semelhante ao estudo exploratório (50%), mudou apenas algumas evidências como a frequente interferência da equipe de reboco interno com as equipes de instalação de gás, e de instalações suspensas, o que demonstrou que o controle dos fluxos físicos estava parcialmente implementado.

Plano detalhado do ciclo do processo de alvenaria

Com o intuito de auxiliar o controle do processo e melhor definir pacotes de trabalho, foi definido junto às equipes a sequência de execução e os lotes menores de produção. Neste ponto, a equipe deveria realizar nos primeiros três dias a elevação das alvenarias que envolviam o pavimento, intituladas como alvenaria da “casca”, para então elevar a alvenaria interna (Figura 61).

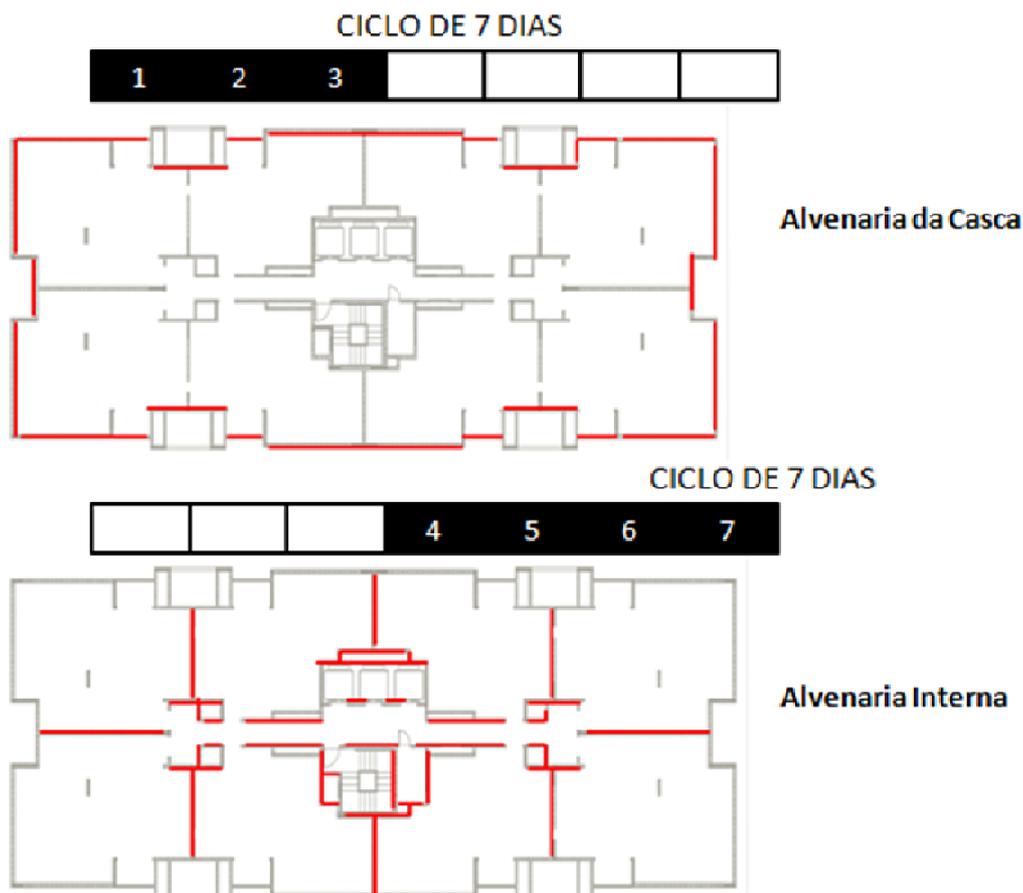


Figura 61- Ferramenta visual com sequência de execução e os lotes menores

A definição de iniciar as atividades pela “casca” partiu do interesse da equipe de gestão e do técnico de segurança de diminuir os riscos das equipes ao transitar próximas as áreas externas do pavimento.

Por fim, cabe salientar que a sequência e os lotes menores eram fundamentados no procedimento operacional empregado pela empresa, o qual apresentava as mesmas práticas descritas no estudo x, e o tempo de ciclo de 7 dias para o lote de produção (pavimento).

Plano detalhado do ciclo do processo revestimento interno de parede

De maneira semelhante ao realizado no processo de alvenaria, foram estabelecidos junto às equipes de revestimento interno a sequência de execução da equipe e os lotes menores de produção (Figura 62).

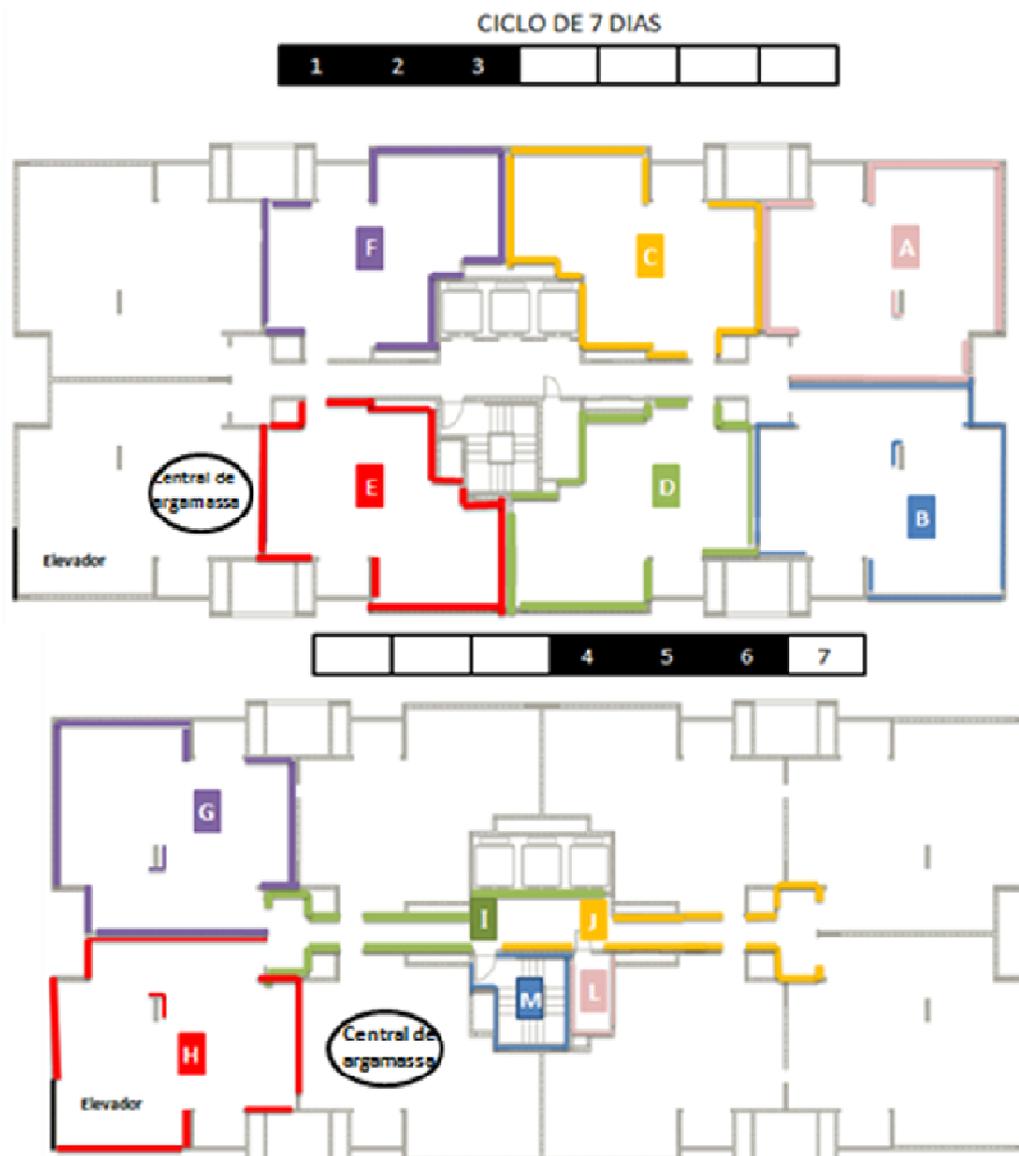


Figura 62- Ferramenta visual com sequência de execução e lotes menores de produção

A Figura 62 apresenta a ferramenta proposta pelo pesquisador para controlar o tempo de ciclo. Nesta figura, é possível perceber que foram definidos lotes menores de produção (módulos), os quais apresentavam quantidade de trabalho semelhante para ser realizado por cada pedreiro (representado na imagem por uma cor). Cabe salientar que, de acordo com a sequência e a capacidade produtiva definida, as atividades de revestimento no pavimento durariam 6 dias, existindo um *buffer* de 1 dia para absorver algum imprevisto que surgisse durante a execução do lote de produção.

A direção da sequência de execução priorizou a realização dos módulos mais distantes do elevador de carga nos três primeiros dias, visto que, poderia congestionar o

descarregamento e interromper a fabricação dos materiais. Neste ponto, o armazenamento e fabricação de argamassa ocorriam no módulo H nos três primeiros dias e no módulo E no restante do ciclo.

Plano detalhado do ciclo do processo revestimento de teto

Da mesma forma que o revestimento interno, o lote de produção (pavimento) foi dividido em módulos, o qual permitiu para o revestimento de teto ser controlado a cada dia (Figura 63).

Processo:		Revestimento de teto															
Equipe	Módulo	1º dia		2º dia		3º dia		4º dia		5º dia		6º dia		7º dia		8º dia	
		M	T	M	T	M	T	M	T	M	T	M	T	M	T	M	T
1 pedreiro	A	■	■														
	B			■	■												
	C					■	■										
	D							■	■								
	E									■	■						
	F											■	■				
	G													■	■		
	H																■

Figura 63- Ferramenta visual com sequenciamento das equipes e os módulos

Quanto à direção da sequência de execução, esta seguiu a mesma priorização definida no revestimento interno de parede, pois iniciava suas atividades nos módulos mais distantes do elevador (Figura 64).

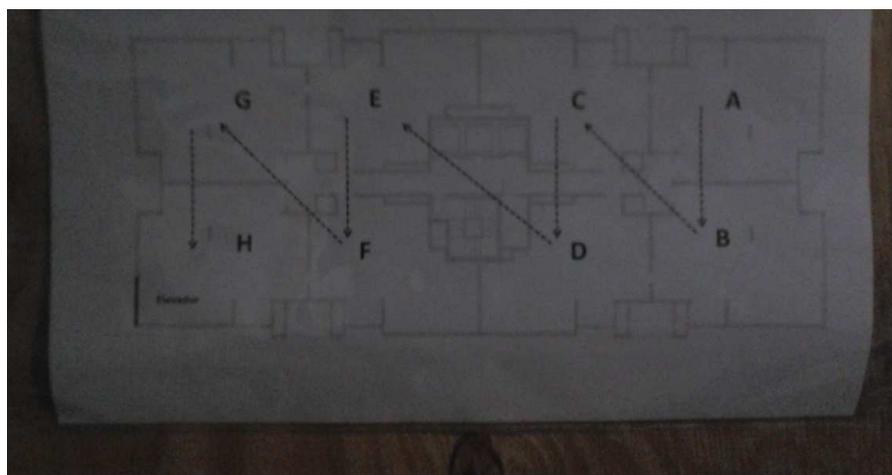


Figura 64-Ferramenta visual com sequência de execução do reboco de teto

Desempenho do sistema de PCP

A Figura 65 indica que nenhum dos 10 lotes executados no processo de alvenaria da torre Y1 alcançou o tempo de ciclo meta de 7 dias. Como o plano elaborado foi sendo definido ao longo da obra, não houve tempo para aprendizagem e, em consequência disto, não foi possível estabilizar o tempo de ciclo.

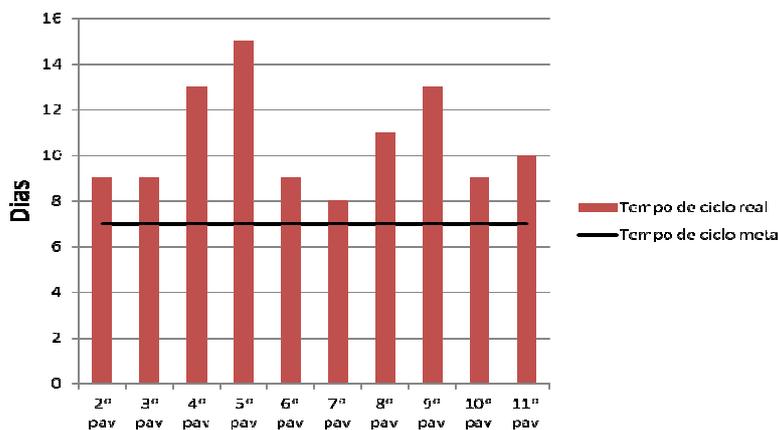


Figura 65- Falta de aderência ao tempo de ciclo do processo de alvenaria

Outro fator que interferiu bastante na aderência ao ciclo foi o frequente direcionamento de membros das equipes para executar atividades na torre Y2, a qual se encontrava bastante atrasada.

Quanto ao processo de revestimento interno em parede, a Figura 66 aponta uma falta de aderência ao tempo de ciclo planejado, pois nenhum dos lotes executados alcançou o tempo de ciclo de 7 dias.

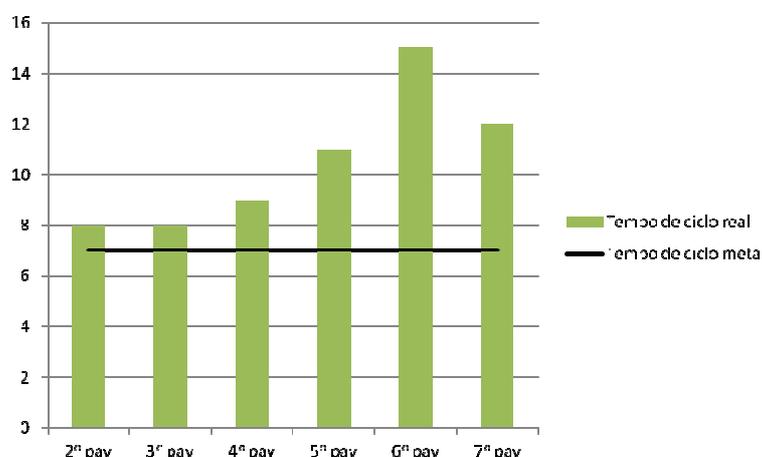


Figura 66- Falta de aderência ao ciclo no processo de revestimento interno

Observando a Figura 66, é possível verificar que os três primeiros ciclos apresentaram uma pequena variação no tempo de ciclo, enquanto nos últimos três ciclos houve uma grande diferença com relação à meta. Nesse caso, a falha do equipamento de transporte vertical durante a execução do 6º pavimento e a execução do revestimento interno com equipe incompleta foram os principais fatores identificados como causa raiz para a falta de aderência.

O processo de revestimento de teto, por sua vez, foi o único a alcançar o tempo de ciclo meta, que era de 8 dias (Figura 67). Observou-se durante o estudo que o controle diário auxiliou o pedreiro durante a execução do processo, visto que, segundo o mesmo, o estabelecimento de uma meta mensurável, no caso um módulo por dia, permitia agir rapidamente para compensar algum atraso no ciclo. Uma das ações tomadas pela equipe para reverter o atraso era a preparação dos andaimes um dia antes do início do revestimento em um novo módulo.

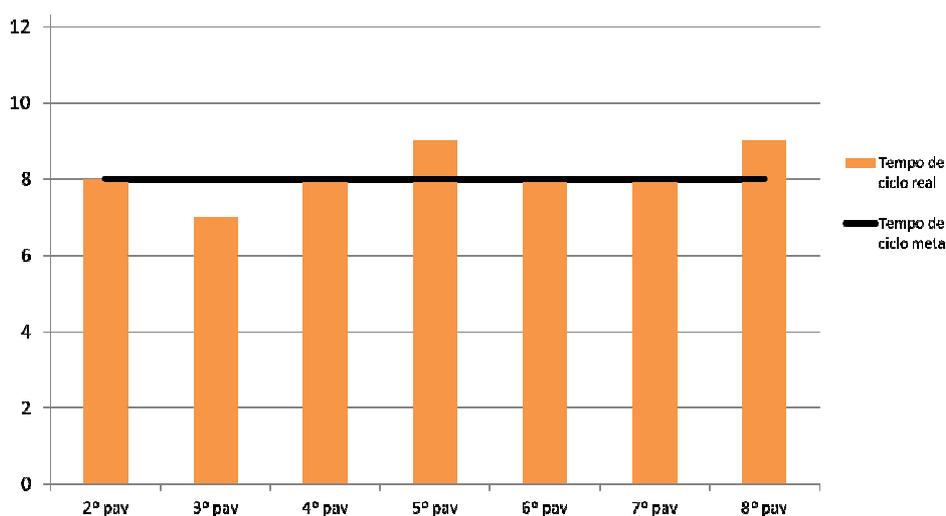


Figura 67- Aderência ao tempo de ciclo no processo de revestimento de teto

Por fim, observando a Figura 68, é possível identificar a grande variação no percentual de pacotes concluídos ao longo das semanas para os três processos acompanhados. Neste caso, dentre os fatores que contribuíram para tal resultado estavam a falha do equipamento de transporte vertical, a falta de mão de obra empreitada, e o mau dimensionamento das tarefas, os quais, em parte, podem ser consequência da pouca participação dos líderes de equipe na elaboração dos pacotes semanais.

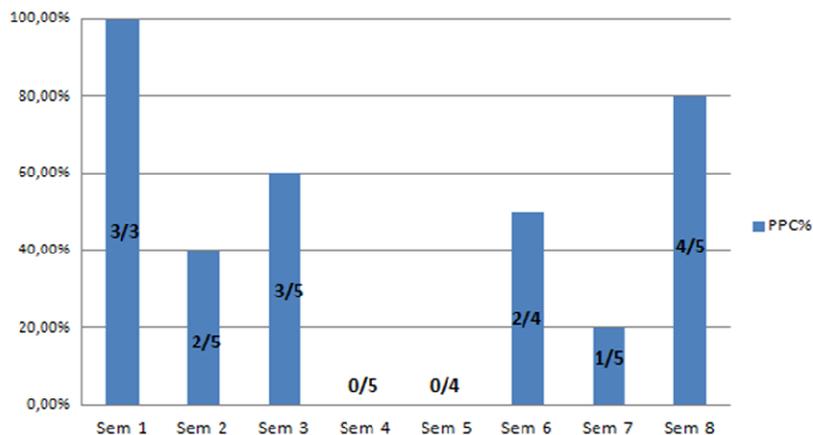


Figura 68- Monitoramento do PPC para os três processos ao longo das semanas

5.2.3.2. Contribuições ao desenvolvimento do método de controle

A partir das melhorias sugeridas na avaliação do método no estudo X e, através do aprendizado obtido no mesmo, foi possível durante o estudo Y refinar os módulos de identificação de perdas por *making-do* e de identificação de pacotes informais. Além disso, o estudo Y ainda permitiu explorar o módulo de controle integrado produção e qualidade.

Perdas por making-do

Com o intuito de obter informações que indiquem as prioridades de ações corretivas, foi incorporada ao módulo uma matriz para avaliar os riscos que as perdas por *making-do* identificadas poderiam gerar na produção (Figura 69). Dessa maneira, a avaliação era realizada a partir de parâmetros subjetivos de severidade e probabilidade e definia as prioridades através de três zonas de risco: Vermelha (maior prioridade); Amarela (prioridade intermediária); Verde (menor prioridade).

PROBABILIDADE	SEVERIDADE				
	Muito Alta- I	Alta - II	Moderada - III	Baixa- IV	Muito Baixa - V
A- Improvável	Amarelo	Amarelo	Verde	Verde	Verde
B- Extremamente Remota	Amarelo	Amarelo	Amarelo	Verde	Verde
C- Remota	Vermelho	Amarelo	Amarelo	Amarelo	Verde
D- Provável	Vermelho	Vermelho	Amarelo	Amarelo	Amarelo
E- Frequente	Vermelho	Vermelho	Vermelho	Amarelo	Amarelo

Figura 69- Matriz para avaliação de risco através dos parâmetros severidade e probabilidade (adaptado de Saurin, 2002).

O parâmetro probabilidade é avaliado de acordo com a comparação da recorrência da perda por *making-do* identificada com as demais perdas registradas no banco de dados. Nesse sentido, se uma perda era mais recorrente que as outras, sua probabilidade era considerada como Frequente. A severidade, por sua vez, era avaliada de acordo com a comparação do impacto, ou seja, se o impacto de uma perda “X” fosse considerado maior que o das demais perdas observadas, a severidade desta seria Muito Alta. Assim, durante a coleta de dados, deveria ser analisada a probabilidade de recorrência da improvisação identificada e a severidade da mesma na produção.

Com o propósito de reduzir o tempo despendido na entrada de dados, foi empregada a mesma estrutura para a coleta e para o banco de dados, diferindo apenas no fato de que o usuário deveria inserir no banco de dados a imagem registrada durante a identificação da improvisação (Figura 70). Dessa forma, com a mesma estrutura sendo utilizada na coleta e no banco de dados foi possível automatizar parcialmente o processamento dos dados e, conseqüentemente, reduzir o tempo despendido nesta atividade.

Para registrar alguma inovação proveniente da improvisação identificada foi incluída uma coluna para este fim (Figura 70). Quando uma improvisação recebia a palavra “sim” na coluna inovação, ela conseqüentemente recebia a cor azul na coluna intitulada risco, permitindo assim, ser facilmente identificada.

Por fim, cabe salientar o refinamento ocorrido na categoria sequenciamento, passou a ser focada na alteração da ordem de produção de determinado processo. Isto aconteceu porque após análise da literatura, foi verificado que o rearranjo da seqüência de ataque, antes considerado perda por sequenciamento, tinha um caráter de plano contingencial da equipe que executava o trabalho.

Inovações	Processo	Recorrência	Inovação	Probabilidade	Severidade	Risco	Categoria	Natureza	Impacto das perdas
Regularização de viga para execução de alvenaria	Alvenaria	1		B-Muito Remota	Baixa-IV		Ajuste de componentes	Serviços independentes	Retrabalho
Armazenamento de contramarco em local que não prejudica a sequência de execução de reboco de teto da unidade	Reboco de Teto	2	sim				Acesso e Mobilidade	Espaço	
Reboco de teto realizado mesmo com fôrmas nos buracos de linha de vida	Reboco de Teto	3		D-Provável	Muito Alta-I		Sequenciamento	Serviços independentes	Perda de material
Reboco de teto realizado mesmo com interferência da linha de vida dos contramarcos	Reboco de Teto	3		D-Provável	Muito Alta-I		Sequenciamento	Espaço	Falta de Terminálidade
Modificação na sequência de execução do reboco de teto devido a execução do shaft	Reboco de Teto	1		D-Provável	Alta-I		Acesso e Mobilidade	Espaço	Falta de Terminálidade
Sequência de ataque de reboco de teto improvisada para solucionar a interferência com Esquipes de churrascaria e encunamento no mesmo pavimento	Reboco de Teto	1		C-Remota	Moderada-II		Acesso e Mobilidade	Espaço	Falta de Terminálidade
Iluminação local de produção de argamassa sendo feita por lanterna do pedreiro	Reboco de Teto	1		B-Muito Remota	Muito Alta-I		Instalações provisórias	Equipamentos ou ferramentas	Recuperação de qualidade
Instalações provisória elétrica de equipe que realiza instalações de água fria interferindo em entrada de apartamento	Reboco de Teto	1		C-Remota	Baixa-IV		Instalações provisórias	Instalações	Redução de segurança
Buraco criado em alvenaria para fornecer ponto de água no pav.				D-Provável	Muito Alta-I	3	Instalações provisórias	Instalações	Perda de material
Ajustes das dimensões do shaft do corredor para realização do reboco interno				C-Remota	Muito Alta-I		Ajuste de componentes	Serviços independentes	Falta de Terminálidade
Pedreiro preparado manualmente argamassa				D-Provável	Alta-I		Equipamentos e ferramentas	Equipamentos ou ferramentas	Destroçamento
Execução do reboco sem a lona de reaproveitamento de argamassa				E-Frequente	Alta-I		Equipamentos e ferramentas	Equipamentos ou ferramentas	Perda de material
Realização de reboco sem que as caixas elétricas estivessem tampadas com papelão				D-Provável	Muito Alta-I		Equipamentos e ferramentas	Serviços independentes	Perda de material
Caixilhos de ventilação da cozinha em posição incorreta sendo relocados				D-Provável	Alta-I		Sequenciamento	Serviços independentes	Perda de material
Reboco interno sendo realizado mesmo com pontos hidráulicos e elétricos incorretos	Reboco Interno	8		D-Provável	Alta-I		Sequenciamento	Serviços independentes	Perda de material
Reboco iniciado sem esquarrias instaladas	Reboco Interno	1		D-Provável	Alta-I		Sequenciamento	Serviços independentes	Falta de Terminálidade

Figura 70-Ferramenta de entrada de dados

Proposta de método de controle integrado entre produção e qualidade, com ênfase na medição de perdas por *making-do* e retrabalho

Pacotes informais

O módulo destinado à identificação de pacotes informais passou a incorporar mais uma unidade de análise. Já era mensurada a quantidade de pacotes informais executados, com relação à quantidade de formais executados. A partir deste estudo, passou-se a mensurar de forma expedita, também, a alocação de recursos nas diferentes categorias de pacotes executados durante as semanas.

No entanto, a única modificação que ocorreu na maneira de coletar os dados foi a alocação do número de profissionais que estavam diretamente associados ao pacote em cada dia (Figura 71)

ID	Tarefa	Semana 21/11 a 25/11					Pacotes informais		
		Semana 08					Natureza		
		seg 19/dez	terça 20/dez	quart 21/dez	quint 22/dez	sexta 23/dez	Retrabalh	Falta de Terminalidade	Novos
1a	Conclusão da alvenaria 10 ^o pav	1						x	
2a	Correção do reboco 4 ^o pav	1		1			x		
3a	Correção da dimensão de sacada 10 pav ^e			1			x		
4a									
5a									
6a									
7a									

Figura 71- Ferramenta de coleta referente à alocação de recursos nos pacotes informais

Controle integrado produção e qualidade

A estrutura do módulo de controle integrado produção e qualidade desenvolvida neste estudo era constituída por três elementos principais: os indicadores PPCQ (Percentual de Pacotes Concluídos com Qualidade) e PPCR (Percentual de Pacotes Concluídos Real), e a análise da causa raiz pela não conclusão com qualidade. Neste aspecto, tanto os elementos quanto a estrutura de coleta se basearam no trabalho proposto por Sukster (2005).

O indicador PPCQ consiste na relação entre o número de pacotes concluídos com qualidade e o número de pacotes concluídos total. Quanto ao PPCR, este é calculado pela relação entre o número de pacotes concluídos com qualidade e o número total de pacotes planejados. Para um pacote ser considerado concluído com qualidade, era necessário que estivesse conforme os requisitos de qualidade especificados na FVS.

A ferramenta empregada para coleta de dados apresentava a descrição do pacote de trabalho (ou tarefa) executado na semana e nas colunas seguintes era registrado o número de funcionários envolvidos diariamente naquele pacote. Logo em seguida, era

registrado se o pacote havia sido concluído e, posteriormente, era avaliado se a conclusão ocorreu conforme os requisitos de qualidade. Por fim, eram verificadas as causas pela não conclusão do pacote, bem como da sua conclusão sem qualidade (Figura 72).

nº	Pacotes da Semana	semana 04					% Executado com qualidade	Causa da não conclusão do pacote	Causa da não conclusão com qualidade
		21/nov	22/nov	23/nov	24/nov	25/nov			
1	ALVENARIA PEITORIS (8ª) TORRE A	5					100	0	Execução (mão de obra)
2	ALVENARIA PEITORIS (9ª) TORRE A		5	5	5	5	50		Falta de mão de obra empreitada (absenteísmo)
3	REBOCO DE TETO (6ª) TORRE A	1	1	1	1	1	100	100	
4	REBOCO DE PAREDE(4ª)TORRE A	6	6				100	0	Tarefa antecedente
5	REBOCO DE PAREDE (5ª) TORRE A			6	6	6	0		Atraso na tarefa antecedente
							PPC=60%	PPCR=20%	

Figura 72- Ferramenta para coleta de dados referentes ao PPC, PPCQ e PPCR

5.2.3.3. Módulo de identificação de perdas por *making-do*

A seguir são apresentados os resultados da aplicação do módulo de identificação de perdas por *making-do* em cada processo acompanhado. Cabe salientar que, são apresentados apenas os resultados referentes às improvisações que foram enquadradas na zona de risco vermelha (maior prioridade).

Processo de execução da alvenaria

A Figura 74 apresenta os resultados da aplicação do módulo de identificação de perdas por improvisação no processo de alvenaria. Constata-se a predominância de quatro categorias de perdas por improvisação: armazenamento, proteção, ajuste de componentes e, sequenciamento.

As perdas por armazenamento estavam relacionadas aos casos de estoque de argamassa na presença de umidade, como também, as situações em que o local de armazenamento das contravergas pré-moldadas prejudicavam a sequência de execução. Já as perdas relacionadas à categoria proteção, eram referentes aos casos em que as equipes executavam atividades próximas aos vãos de elevador e varanda sem o cinto fixado à linha de vida e das aberturas no piso previstas para passagem de tubulações de esgoto.

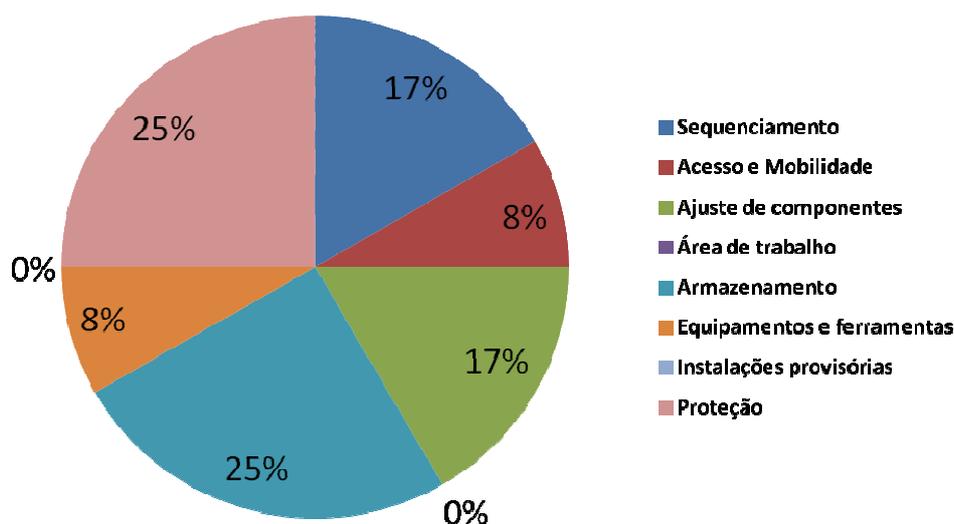


Figura 73- Categoria de perdas por *making-do* no processo de alvenaria

No que se refere às perdas por sequenciamento, estas ocorreram em função da elevação da alvenaria da área de serviço sem os caixilhos de ventilação, e os casos em que a elevação da alvenaria desconsiderou a passagem de instalações suspensas de água fria (Figura 74).



Figura 74- Instalações suspensas de água fria posicionada posterior à conclusão da alvenaria

Por fim, as perdas por ajustes de componentes estavam relacionadas aos blocos reformados para substituir a ausência de blocos especiais com caixinhas elétricas. Outra situação característica das perdas por ajustes de componentes ocorria em pacotes informais referentes à execução da alvenaria do *shaft*, a qual era realizada sem seguir a modulação planejada.

Sobre a origem das perdas identificadas, verificou-se que estavam distribuídas em cinco pré-requisitos: espaço, informação, materiais e componentes, instalações e equipamentos ou ferramentas (Figura 75). O primeiro deles foi relacionado às perdas por armazenamento, as quais não apresentavam local específico para receber os materiais e perdas por proteção, em situações nas quais o espaço disponível para execução da atividade não apresentava linha de vida próxima o bastante para fixar o cinto de segurança.

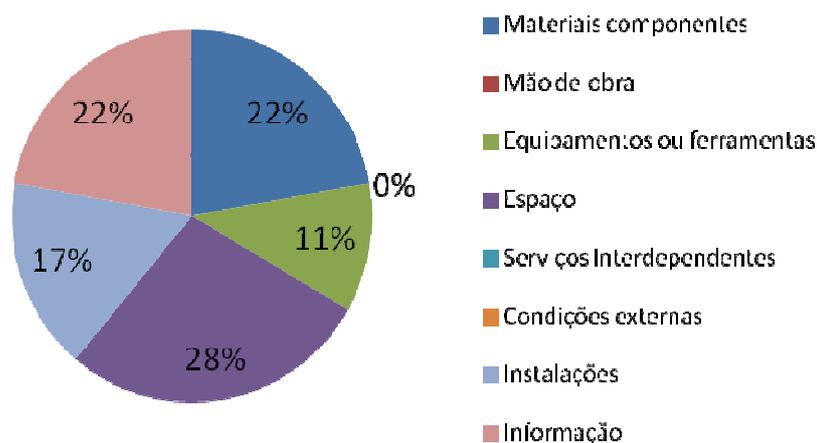


Figura 75- Pré-requisitos indisponíveis que possivelmente originaram as perdas por *making-do*

O pré-requisito informação foi identificado como fonte de perdas por armazenamento e por sequenciamento. Enquanto no primeiro estava relacionado à ausência de um estudo de *layout* detalhado do serviço de alvenaria, o segundo se tratava da falta de estudos detalhados sobre a melhor sequência construtiva para algumas paredes. Quanto ao pré-requisito materiais e componentes, estava relacionado às perdas por ajustes de componentes, visto que nem sempre estavam disponíveis os blocos para execução da modulação planejada e os blocos especiais com caixas elétricas.

Além do pré-requisito espaço, outra fonte de perdas da categoria proteção foi o pré-requisito instalações, pois nem sempre as instalações de segurança estavam disponíveis para execução das atividades.

Por fim, a aplicação do módulo identificou como principais impactos na produção: perda de materiais, redução de qualidade, falta de terminalidade e redução de segurança. Neste ponto, a perda de materiais e a redução da qualidade foram relacionadas às improvisações em armazenamento, ajustes de componentes e sequenciamento. A falta

Proposta de método de controle integrado entre produção e qualidade com mensuração de perdas por *making-do* e pacotes informais

de terminalidade estava, principalmente, ligada às improvisações no sequenciamento e a redução de segurança relacionada unicamente a categoria proteção (Figura 76).

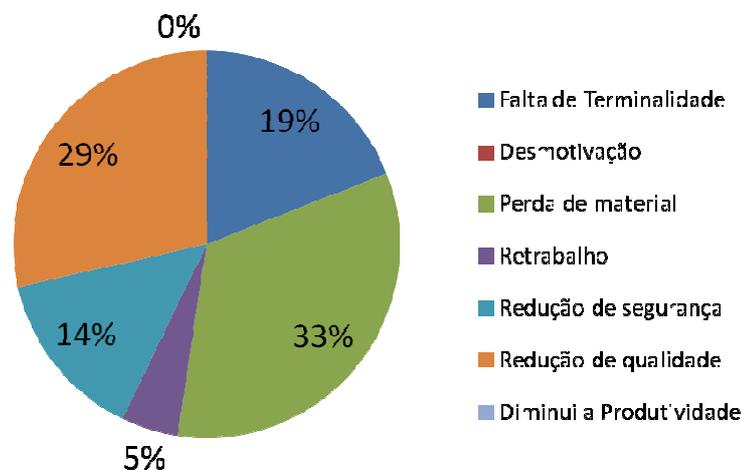


Figura 76- Impacto das improvisações

Processo de execução de revestimento de teto

Verificou-se que apenas as improvisações categorizadas em sequenciamento estavam enquadradas na zona de risco vermelha. Estas perdas foram evidenciadas em situações em que o teto não foi revestido por completo porque a atividade antecedente não foi concluída por completo. Por exemplo, os buracos na laje que servem como passagens da instalação de linha de vida das equipes de estrutura não haviam sido concluídos quando o revestimento de teto foi realizado. Outro exemplo aconteceu quando o revestimento de teto foi realizado antes da remoção dos suportes da linha de vida das equipes de contramarco (Figura 77).



Figura 77- Revestimento de teto realizado antes da retirada de fôrmas (esquerda) e da estrutura de suporte a linha de vida dos contramarcos (direita).

A avaliação da origem das perdas por improvisações apontou como principal fonte de perdas a ausência de três pré-requisitos (Figura 78): informação, serviços interdependentes e espaço. O pré-requisito informação estava relacionado à falta de um estudo de balanceamento entre a equipe de revestimento de teto e a de concretagem das passagens de linha de vida, como também com a equipe de posicionamento de contramarco, visto que esses serviços eram interdependentes com relação ao espaço que iria ser revestido.

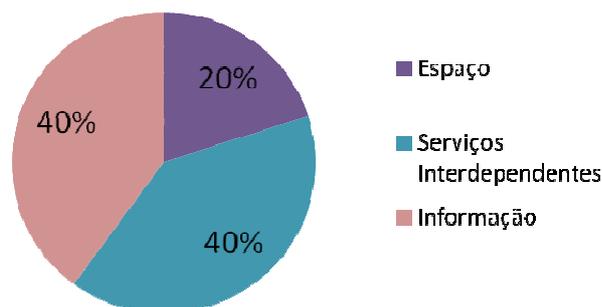


Figura 78- Pré-requisitos ausentes que podem ter originados as improvisações identificadas

Como principais impactos das improvisações identificadas estavam à falta de terminalidade e a redução da qualidade, e em seguida apareciam como impactos o retrabalho e a perda de material (Figura 79).

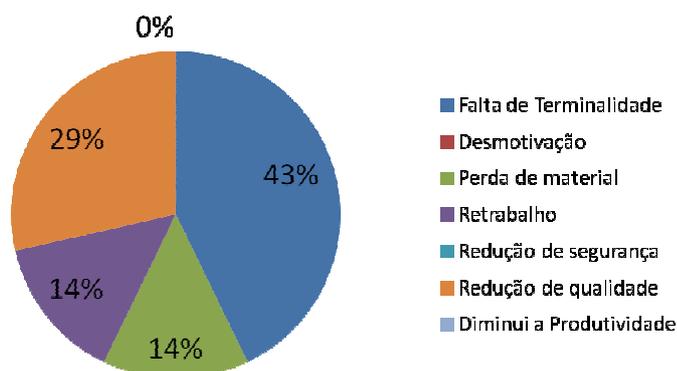


Figura 79- Impacto das improvisações identificadas

A falta de terminalidade era referente à necessidade de a equipe voltar ao local de trabalho para concluir o revestimento da parte do teto que foi removido os suportes de linhas de vida da equipe de contramarco e da parte que foram concretadas as passagens da instalação de linha de vida da equipe de estrutura. Enquanto a redução da qualidade

Proposta de método de controle integrado entre produção e qualidade com mensuração de perdas por *making-do* e pacotes informais

devia-se o fato de que nem sempre estes arremates eram devidamente inspecionados quanto à qualidade, pois, eram executados como pacotes informais.

Processo de execução de revestimento interno de parede

As perdas por improvisações enquadradas na zona de risco vermelha correspondiam principalmente às categorias sequenciamento e equipamento/ ferramentas (Figura 80).

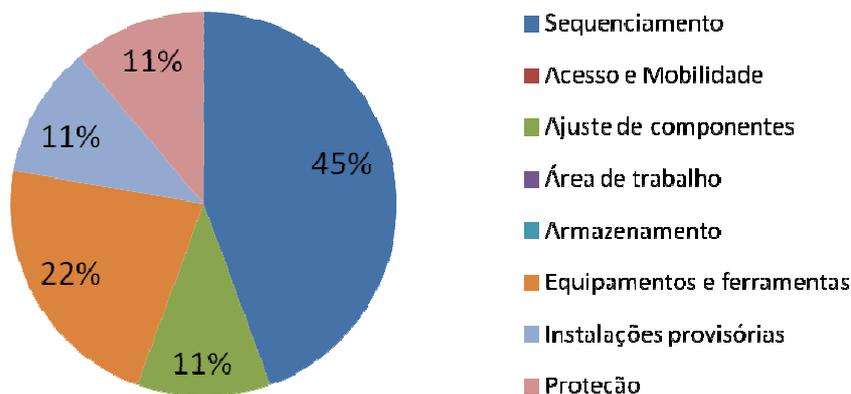


Figura 80- Categoria de perdas identificadas

Com relação à categoria sequenciamento, estava relacionada às situações em que o revestimento era realizado mesmo sem que alguns componentes do serviço anterior estivessem concluídos, como foi o caso das paredes que foram revestidas mesmo sem as caixas elétricas posicionadas ou com as mesmas em posição incorreta com relação ao projeto (Figura 81). Outras situações identificadas estavam relacionadas à execução do revestimento em paredes da cozinha que não apresentavam os caixilhos de ventilação.



Figura 81- Parede revestida mesmo com caixas elétricas em posição incorreta

As perdas classificadas em equipamentos/ferramentas correspondiam as constantes situações verificadas em que o revestimento era realizado com tabuas de madeira substituindo as lonas para reaproveitamento da argamassa (Figura 82). Outra situação verificada com frequência ocorria nos pacotes informais por retrabalho ou falta de terminalidade, em que a equipe preparava manualmente a argamassa de revestimento das paredes.



Figura 82- Tábuas de madeira substituindo lonas apropriadas para o reaproveitamento de argamassa

Com relação à origem das perdas por improvisação, foi verificado que dois pré-requisitos se destacavam como fonte das perdas: serviços interdependentes e informação (Figura 83). Ambos estavam associados às perdas por sequenciamento, visto que, como comentado anteriormente, as paredes eram revestidas mesmo sem que o serviço anterior fosse concluído ou que o sistema de qualidade informasse sobre sua conclusão com qualidade.

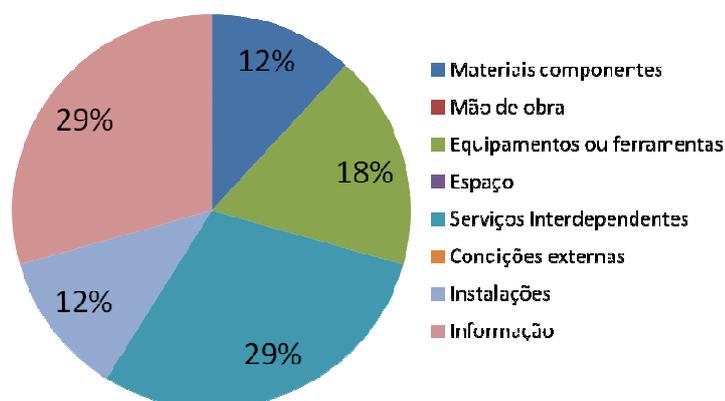


Figura 83- Pré-requisitos ausentes que podem ter originado as perdas por improvisação

Proposta de método de controle integrado entre produção e qualidade com mensuração de perdas por *making-do* e pacotes informais

Por fim, a avaliação do impacto das perdas identificadas apontou como principais consequências (Figura 84): redução de qualidade, perda de material, falta de terminalidade e retrabalho.

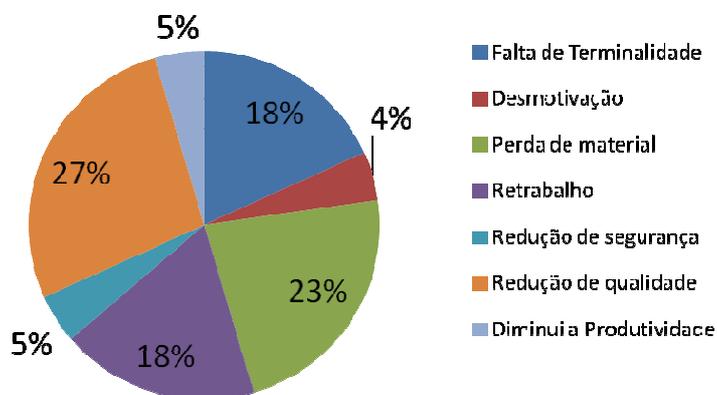


Figura 84- Impacto das perdas por improvisação na produção

A redução da qualidade na produção foi verificada nas perdas por improvisação categorizadas em sequenciamento, equipamentos/ferramentas, e ajustes de componentes. Esta última se referia aos casos em que as dimensões da alvenaria não estavam conforme o projeto, sendo então ajustadas para receber o revestimento interno. Neste ponto, os ajustes de componentes e a produção de argamassa sem equipamentos apropriados também geravam impactos relacionados a perdas de material.

Por fim, o retrabalho e a falta de terminalidade, eram causados principalmente pelas situações de alteração da sequência produtiva (Figura 81), como também em improvisações das instalações criadas para fornecer de pontos de água (Figura 85).



Figura 85- Buraco aberto na parede para passar mangueira usada como ponto de água

5.2.3.4. Módulo de identificação de pacotes informais

A caracterização dos pacotes executados referente aos três processos acompanhados está apresentada na Figura 86. Pode-se perceber a grande quantidade de pacotes informais em todas as semanas (no mínimo 40%), o que revelava a dispersão física das equipes dentro da torre.

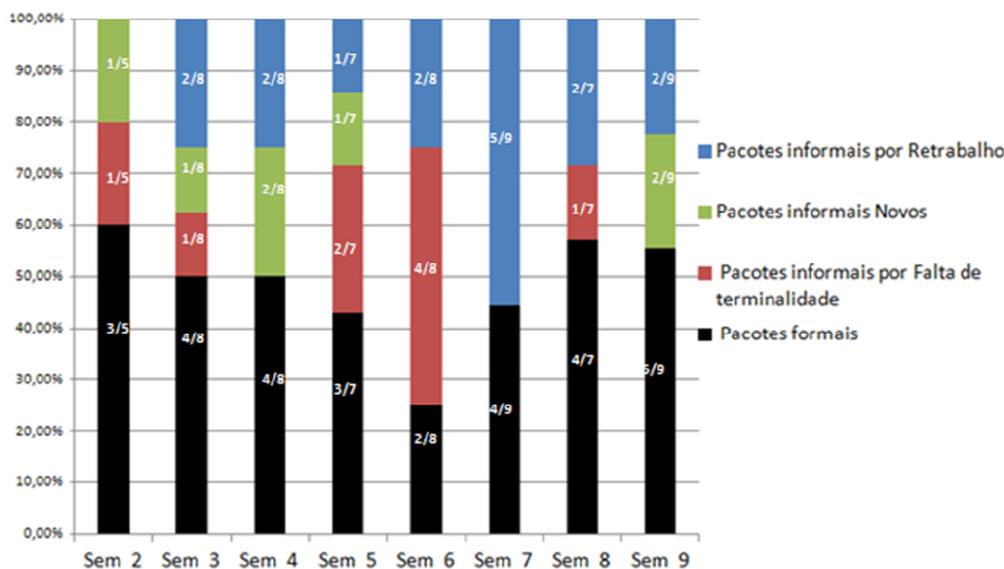


Figura 86- Caracterização dos pacotes executados durante as semanas acompanhadas

Os pacotes informais classificados como novos se referiam a antecipação da elevação da alvenaria e do revestimento interno em locais que eram programados para a semana seguinte. Isto acontecia porque os pedreiros que concluíam seus módulos planejados para aquela semana preferiam iniciar atividades nos módulos do pavimento seguinte, ao invés de auxiliar os outros membros da equipe a concluírem o pavimento por completo. Esta preferência acontecia devido à forma de remuneração acordada com os pedreiros, os quais recebiam por m² construído.

Com relação aos pacotes informais por falta de terminalidade, por sua vez, estavam associados aos processos de revestimento interno de paredes e revestimento de teto. Em algumas situações estes pacotes surgiam devido ao desconhecimento real do progresso das atividades, visto que os pacotes eram considerados concluídos, quando na verdade ainda faltavam paredes ou teto serem finalizados. Por outro lado, estes pacotes eram muitas vezes consequência das perdas por improvisação relacionadas à alteração da sequência de produção.

5.2.3.5. Módulo de controle integrado produção e qualidade

A comparação entre o PPC e o PPCR permitiu identificar a porcentagem de tarefas que realmente foram concluídas com qualidade, conforme indica na Figura 89. Em algumas semanas, a porcentagem de pacotes que foram finalizados no prazo indicado era superior a aqueles que foram concluídos conforme os requisitos de qualidade. Fica evidente na Figura 89 que nas semanas 2,4 e 9, alguns pacotes foram considerados concluídos pelo sistema de PCP, apesar de apresentarem inconformidades com relação aos itens especificados na FVS e, portanto, deveriam ser realizados novamente.

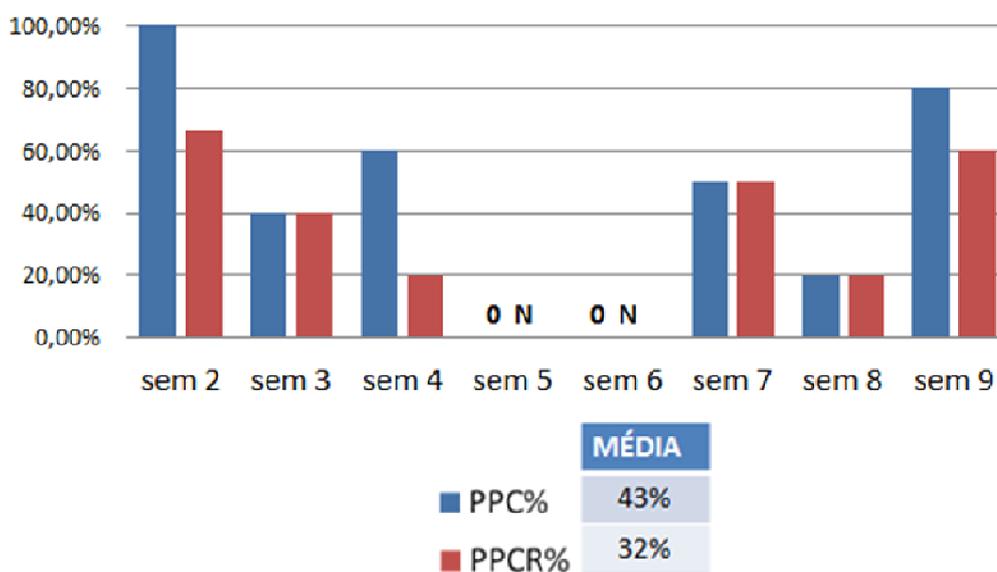


Figura 89- PPC e PPCR referentes aos processos de alvenaria, revestimento interno e revestimento de teto

A Figura 90 apresenta às causas raiz pela não conclusão dos pacotes com qualidade. Constatou-se que 40% das causas se referiam à tarefa precedente não ter sido concluída com qualidade, tal como ocorreu nos pacotes de revestimento interno, os quais foram executados mesmo com caixas elétricas e caixilhos de ventilação da área de serviço posicionados incorretamente.

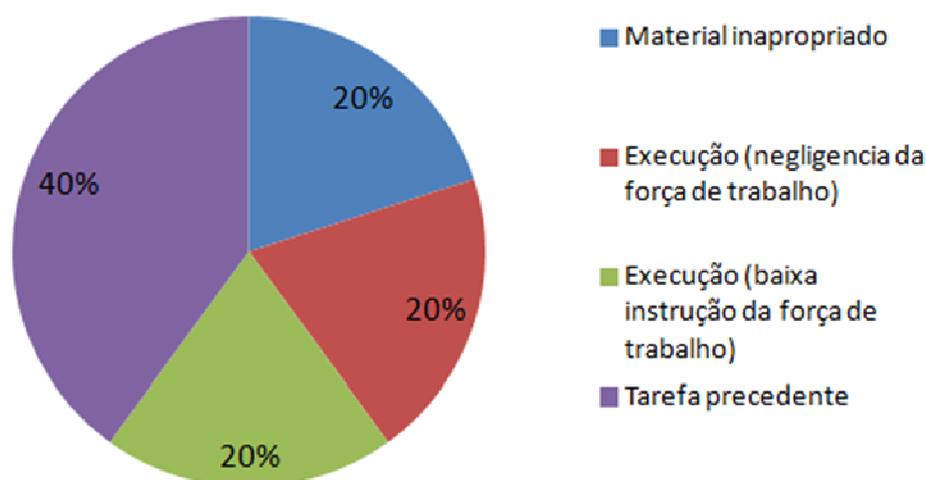


Figura 90- Causa raiz pela não conclusão com qualidade

Os problemas considerados na categoria material inapropriado eram referentes ao tipo de argamassa utilizada em alguns pacotes do processo de revestimento interno, visto que foi empregada uma argamassa grossa em substituição a argamassa média normalmente usada. Tal substituição gerou problemas referentes à qualidade da feltragem da argamassa, pois com a argamassa grossa as equipes deveriam despende mais energia na feltragem do que normalmente eles eram acostumados a empregar.

De certa forma, os problemas relacionados à feltragem da argamassa também envolviam a negligencia da força de trabalho durante a execução do serviço, pois, visando terminar o revestimento interno mais rápido, as equipes descuidavam da realização do feltro corretamente. Outros casos de negligencia da força de trabalho envolviam a realização dos rodapés das paredes que não se encontravam no prumo.

Por fim, existiam problemas relacionados à falta de instrução da força de trabalho na execução das caixas elétricas da alvenaria. Isto foi evidenciado quando o electricista que acompanhava a equipe de alvenaria foi questionado sobre o porquê da recorrência dos erros de posicionamento das caixas elétricas e o mesmo respondeu que ainda não estava familiarizado com o projeto, pois estava substituindo o electricista que saiu da empresa há 1 mês.

5.2.4. Avaliação do estudo Y

A seguir serão apresentados os resultados da avaliação de acordo com os constructos definidos no item 4.2.4.

5.2.4.1. Utilidade

Algumas evidências sobre a contribuição do método para a percepção da necessidade de controlar as perdas por *making-do*, retrabalho e falta de terminalidade foram identificadas no estudo Y. Nesse ponto, a introdução e discussão de conceitos relacionados à gestão da produção foi um deles, visto que, os conceitos de redução do tamanho do lote e de transparência foram inseridos no sistema de controle para identificar de maneira rápida atrasos no tempo de ciclo. Ainda, foi verificada a inserção do conceito de tempo de ciclo nos planos semanais, já que a equipe de gestão passou a registrar ao lado dos pacotes de revestimento interno, revestimento de teto e de alvenaria a data fim para que o ciclo fosse atingido. Tal prática visava a reforçar a importância das equipes de trabalho de aderir ao tempo de ciclo dos processos, já que normalmente o ciclo ultrapassava o horizonte de uma semana.

Outra evidência identificada foi que algumas perdas por *making-do*, principalmente as categorizadas em sequenciamento, resultavam no surgimento de pacotes informais por retrabalho e por falta de terminalidade. Por outro lado, também foi verificado que durante a execução de pacotes dessas naturezas existiam perdas por *making-do* relacionadas principalmente à categoria ajustes de componentes, decorrente da ausência dos blocos que compunham a modulação das paredes e da categoria equipamento e ferramentas, representados pelos casos de produção manual de argamassa.

A integração entre o ciclo de controle da produção e o controle da qualidade mostrou ser benéfica como forma de controle das perdas por *making-do*, já que eram rastreados problemas da qualidade causados por esta perda. De forma inversa, observou-se que as perdas classificadas em sequenciamento eram normalmente originadas devido aos problemas de qualidade do serviço antecedente.

Quanto às ações corretivas para evitar recorrência de perdas por *making-do*, houve evidências de que a equipe de gestão da obra tinha a intenção de utilizar os resultados na análise de restrições do médio prazo. Por exemplo, durante uma reunião de médio prazo, foi proposta uma solução para a instalação de pontos de água, o que permitiu evitar as aberturas em paredes dos próximos pavimentos a serem executados.

A necessidade de identificar a causa pela não execução com qualidade dos pacotes semanais foi verificada quando a principal razão pelos problemas de qualidade identificados estava relacionada aos defeitos na execução da tarefa precedente. De fato,

se este problema tivesse sido identificado anteriormente, os defeitos poderiam ter sido corrigidos a tempo, o que evitaria que os problemas da qualidade se propagassem para as tarefas seguintes.

Por fim, pôde-se perceber durante a apresentação dos resultados para o gestor geral de obras da empresa que havia bastante interesse sobre a quantidade de mão de obra que executava pacotes por falta de terminalidade ou retrabalho, visto que, na ausência de um indicador semelhante, tais perdas eram normalmente negligenciadas nos empreendimentos da empresa.

5.2.4.2. Facilidade de uso

Ao contrário do estudo anterior, em que o pesquisador foi responsável por toda a coleta, entrada e processamento de dados, no estudo de caso Y houve a participação de uma bolsista de iniciação científica, o que permitiu a avaliação da facilidade de uso do método proposto por mais de um avaliador.

A Figura 91 apresenta o tempo despendido nas atividades de coleta, entrada de dados para processamento e processamento dos dados em si. Normalmente, o tempo despendido diariamente girava em torno de 40 min, visto que, o módulo de identificação de pacotes informais normalmente ocorria em paralelo ao módulo de identificação de perdas por improvisação. No entanto, quando era necessário realizar a inspeção da qualidade do módulo de controle integrado produção e qualidade, o tempo chegava aos 80 min.

Quanto à entrada de dados para processamento, foi verificado que o tempo despendido no módulo de identificação de perdas por improvisação ainda era superior aos outros dois módulos. De fato, tal resultado já era esperado, pois muito tempo era despendido na classificação de cada nova improvisação identificada.

Atividades	Estudo Y		
	Módulo de identificação de pacotes informais	Módulo de identificação de perdas por improvisação	Módulo de controle integrado produção e qualidade
Coleta diária de dados	15 min	40 min	40 min
Entrada de dados para processamento	5 min	10 min	5 min
Processamento dos dados em si	5 min	25 min	10 min

Figura 91- Tempo aproximado despendido para as atividades principais com relação a cada módulo

O processamento de dados por sua vez tornou-se mais rápido do que o estudo anterior. No início do acompanhamento a pesquisadora encontrou dificuldades com a classificação das categorias de perdas, mas à medida que foi se familiarizou com a análise dos dados, o processamento passou a ser mais rápido.

Com relação à adequação ao processo existente, a equipe de gestão da obra sugeriu, durante as reuniões que o módulo de controle integrado produção e qualidade deveria sofrer um refinamento. O principal argumento defendido pela referida equipe era que nem sempre ao final da semana era possível avaliar se o pacote foi concluído com qualidade, pois, alguns pacotes não contemplavam todos os itens necessários para inspeção da qualidade. Outro argumento levantado foi que os lotes de inspeção do sistema de gestão da qualidade nem sempre apresentariam uma conferência total, já que os indicadores da qualidade desenvolvidos (PPCR e PPCQ) só avaliavam os pacotes que foram concluídos no prazo. Um exemplo disto foi identificado ao longo do estudo, quando um dos pacotes de revestimento interno do pavimento 6º não foi concluído no prazo e com isso, a conferência do lote de inspeção não foi total.

Por fim, após a apresentação dos resultados o gestor geral de obras da empresa demonstrou interesse no método que estava sendo desenvolvido, pois considerava ser necessário trazer para empresa novos conhecimentos desenvolvidos no meio acadêmico. Porém, devido a questões internas da empresa, não foi possível dar continuidade ao desenvolvimento do método.

5.2.5. Conclusão da etapa 2

De uma forma geral, os resultados da etapa 2 permitiram alguns avanços no estudo de perdas por *making-do*. O primeiro deles está relacionado à comprovação de que tais perdas têm realmente uma forte relação com a existência de pacotes informais. Na etapa 1, já havia sido identificado que os pacotes informais poderiam contribuir para o surgimento de perdas por *making-do*. Na etapa 2, estas evidências tornaram-se mais fortes, principalmente pela criação da categoria sequenciamento, indicando que tais perdas podem ser a causa raiz da existência de alguns pacotes informais.

De fato, na ausência de algum pré-requisito as equipes de trabalho alteram a sequência construtiva, o que pode resultar em falta de terminalidade da atividade, pois são deixados em espera determinados elementos (ex.: paredes) que não poderiam ser concluídos naquele momento. Em algumas situações, a alteração da sequência pode

Proposta de método de controle integrado entre produção e qualidade com mensuração de perdas por *making-do* e pacotes informais

fazer com que se negligenciem os problemas de qualidade da tarefa antecedente, o que, de certa forma, propaga tais problemas, e podendo resultar na necessidade de retrabalhos mais substanciais.

Ainda sobre a categoria sequenciamento, a nova definição apresentada no estudo Y demonstrou que o rearranjo da sequência de ataque não pode ser considerado uma improvisação. Na verdade, ele se caracteriza mais como um planejamento reserva, ou contingencial, no qual a equipe de trabalho emprega quando ainda existe tempo disponível para esperar que o pré-requisito esteja disponível. Assim, os pacotes informais caracterizados como novos no estudo X eram consequência do emprego de uma estratégia de ataque reserva, a qual priorizava a execução das atividades em novos espaços.

Outro avanço verificado foi a avaliação de alguma das estratégias sugeridas por Formoso *et al.* (2011) para redução das perdas por *making-do*, como a integração do controle da produção ao da qualidade e a identificação de outros tipos de perdas como retrabalho e falta de terminalidade. O que permitiu ampliar as evidências da presença de perdas por *making-do* no ambiente produtivo.

Quanto aos pacotes informais, os estudos permitiram verificar que estes pacotes, apesar de em alguns casos representarem pouco em termos de homens-hora trabalhadas, devem ser controlados ao longo das semanas. Nesse ponto, foi verificado que os pacotes contribuem bastante para problemas como falta de confiabilidade do planejamento, trabalho em progresso e dificuldade do controle da qualidade.

Por fim, o estudo Y ainda permitiu identificar que a conclusão da tarefa antecedente em conformidade com os requisitos da qualidade pode ser encarada como um dos principais pré-requisitos para realização de um pacote de trabalho. Estas evidências reforçam a importância de tornar o controle da produção e da qualidade um controle único.

5.3. RESULTADOS ETAPA 3

Conforme apresentado no item 4.2.3, a etapa 3 foi dedicada, principalmente, ao refinamento do módulo de controle integrado produção e qualidade no que se refere aos procedimentos de coleta e processamento de dados e indicadores de avaliação. Durante

a realização do estudo, ainda foi verificado o refinamento de uma das categorias de perda do módulo de identificação de improvisações, como também, uma mudança na estrutura do módulo de pacotes informais.

Como o estudo ocorreu na empresa B, inicialmente será realizada uma breve descrição do sistema de PCP, posteriormente são apresentados os principais resultados do empreendimento Z e por fim, as conclusões da etapa 3.

5.3.1. Descrição do sistema de PCP da empresa B

Por se tratar de uma obra similar às anteriormente executadas pela empresa B, o planejamento de longo prazo do empreendimento Z consistia em um diagrama de precedência dos principais serviços padrão (Figura 92).

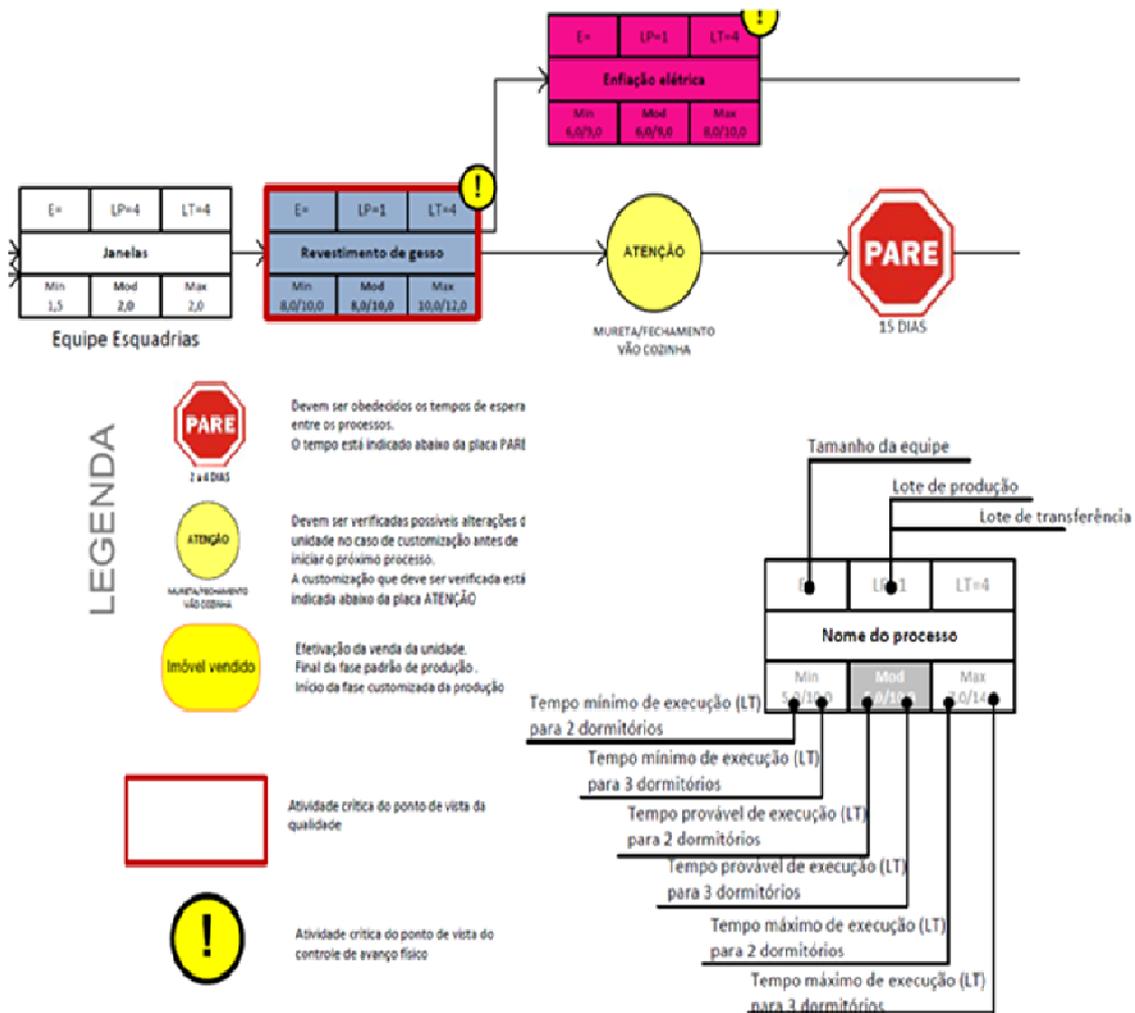


Figura 92- Parte do diagrama de precedência do empreendimento z

Este diagrama havia sido introduzido na empresa em um estudo anterior envolvendo pesquisadores do NORIE-UFRGS, e apresentava a sequência dos serviços, bem como o lote de produção, lote de transferência, tempo mínimo, médio e máximo para conclusão de cada serviço. No diagrama ainda era representado o tamanho da equipe e os serviços críticos com relação à qualidade e ao avanço físico. Tais informações, normalmente, guiavam o plano de curto prazo do empreendimento.

Em que pese à empresa adotasse alguns elementos do Sistema *Last Planner*, o planejamento de médio prazo da empresa não apresentava uma rotina de execução, visto que não havia um ciclo de planejamento e controle bem definidos. Esse nível de planejamento ocorria de maneira informal, sendo normalmente realizados pelo engenheiro e técnicos de edificações. Na análise de restrições, eram consideradas, normalmente, apenas as restrições relacionadas a materiais e contratação de mão de obra, não sendo registradas as datas limite para liberação.

Quanto ao planejamento de curto prazo, a empresa apresentava uma *extranet*, na qual armazenava e compartilhava com o setor de planejamento da empresa os planos e os indicadores a cada semana. No entanto, não foi observado, durante o acompanhamento das obras, a realização de reuniões semanais para elaboração dos pacotes de trabalho. Nesse ponto, normalmente os pacotes eram definidos pelos técnicos de obras toda sexta feira, após coletar informações no campo das atividades que poderiam ser executadas na próxima semana.

5.3.2. Resultados do empreendimento Z

5.3.2.1. Considerações sobre o sistema de PCP

A aplicação do IBPPCP no empreendimento Z apontou principalmente um baixo grau de implementação das práticas de curto e médio prazo (Figura 93). Neste ponto, a ausência de reuniões semanais rotineiras pode ser considerada um dos principais fatores para o valor encontrado para as práticas de curto prazo, visto que, os líderes de equipe não participavam da elaboração do plano semanal. O envolvimento desses poderia contribuir também para que só fossem planejadas atividades cujas restrições foram removidas, pois, algumas restrições eram identificadas apenas por quem estava realizando as atividades.

Descrição da prática (ou elemento do modelo)	Estudo de caso Z
Práticas relacionadas ao planejamento de curto prazo	33%
Tomada de decisão participativa nas reuniões de curto prazo	0
Rotinização das reuniões do curto prazo	0
Realização de ações corretivas a partir das causas do não cumprimento dos planos	0,5
Programação de tarefas suplentes	1
Inclusão no plano de curto prazo apenas de pacotes de trabalho cujas restrições foram removidas	0
Definição correta dos pacotes de trabalho	0,5
Práticas relacionadas ao Planejamento de médio prazo	33%
Planejamento e controle dos fluxos físicos	0
Rotinização do planejamento de médio prazo	0,5
Remoção sistemática das restrições	0,5
Práticas relacionadas ao planejamento de longo prazo	50%
Utilização de indicador para avaliar o cumprimento de prazo da obra	0
Elaboração de um plano de longo prazo que permite a visualização do plano de ataque da obra	1
Atualização sistemática do plano mestre para refletir o andamento da obra	0,5
Práticas gerais relacionadas ao processo de planejamento	50%
Formalização do processo de PCP	0,5
Utilização de dispositivos visuais para disseminar as informações no canteiro	0,5
Análise crítica do conjunto de dados	0,5
IBPPCP	43%

Figura 93- Índice de boas práticas estudo de caso z

Quanto às práticas de médio prazo, a ausência de reuniões e a ausência de um ciclo de planejamento e controle definidos, bem como a análise dos fluxos físicos, contribuíram para o baixo grau de implementação das práticas. Nesse ponto, por se tratar de uma obra horizontal, a definição do *layout*, bem como do espaço para circulação do equipamento de transporte de materiais eram de grande importância para evitar interferências entre as atividades, como por exemplo, a execução do calçamento, a qual interferiu no transporte dos sacos de gesso (Figura 94).



Figura 94- Execução do calçamento impediu que o transporte de sacos de gesso fosse realizado pelo caminhão

Proposta de método de controle integrado entre produção e qualidade com mensuração de perdas por *making-do* e pacotes informais

Sobre as práticas de longo prazo, foi verificado que a equipe de gestão não utilizava um indicador para avaliar o cumprimento de prazo da obra. Além disso, o plano mestre não estava sendo atualizado sistematicamente.

Plano detalhado do ciclo do processo de revestimento de gesso

Para melhorar o controle do processo e auxiliar a definição dos pacotes semanais, a partir da terceira semana de acompanhamento foi elaborado um plano detalhado do processo de revestimento de gesso. Tal elaboração contou com a participação dos líderes de equipe e resultou na criação de uma ferramenta de controle visual (Figura 95).

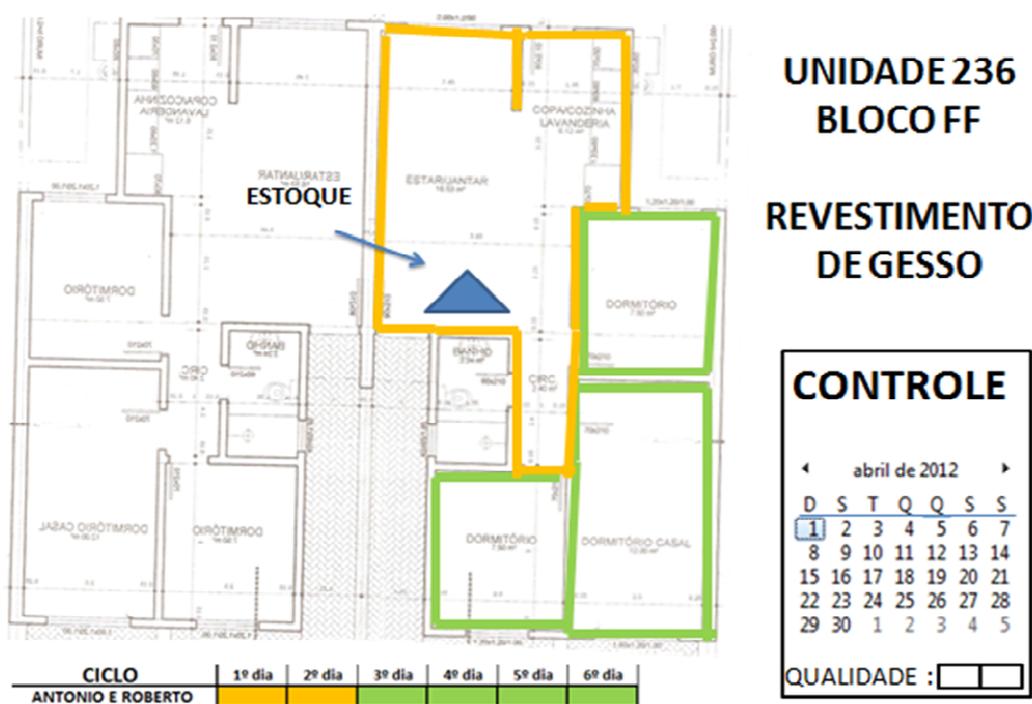


Figura 95- Ferramenta de controle do ciclo de revestimento de gesso por casa

O lote de produção para o processo era de duas casas e estavam disponíveis duas equipes para atacar duas frentes simultâneas, uma composta por apenas um funcionário, e a outra era composta por dois. Ou seja, o ciclo para conclusão de um lote era de 16 dias para a primeira equipe, e 12 dias para a segunda.

No entanto, como pode ser visto na Figura 95, a ferramenta elaborada apresentava o ciclo de execução e os lotes menores de produção por casa. Assim, para a equipe composta por dois funcionários, o ciclo para uma unidade deveria ser de 6 dias, com

ponto de controle no 2º dia, ou seja, era esperado que ao final do segundo dia a equipe tivesse finalizado as atividades no espaço amarelo e nos outros dias fosse concluído o espaço verde. Para a outra equipe, a ferramenta utilizada era a mesma, mudando apenas a duração de ciclo e o ponto de controle, 8 dias e ao final do 4º dia, respectivamente.

Cabe salientar que a definição da sequência a ser atacada dos espaços levou em consideração o local de estoque dos sacos de gesso, visto que estes eram armazenados inicialmente na sala, representada na cor amarela, e posteriormente em um dos quartos, representado pela cor verde.

Na Figura 95 ainda é possível identificar um calendário e as inspeções de qualidade. O primeiro tinha a função de registrar o dia de início e fim das atividades na unidade. Quanto à inspeção da qualidade, como o ciclo para conclusão de uma casa normalmente ultrapassava o período de uma semana, duas inspeções da qualidade eram necessárias, uma no pacote de atividades da primeira semana e outra para o pacote da segunda semana.

Desempenho do PCP

O acompanhamento do processo de revestimento de gesso demonstrou que a equipe formada por um funcionário, de certa forma, estava aderindo ao ciclo proposto para a conclusão de uma unidade. Porém, analisando a Figura 96, é possível identificar que o tempo de ciclo para a equipe formada por dois funcionários havia sido subestimado, visto que, normalmente as equipes terminavam com folga de dois dias a execução das atividades.

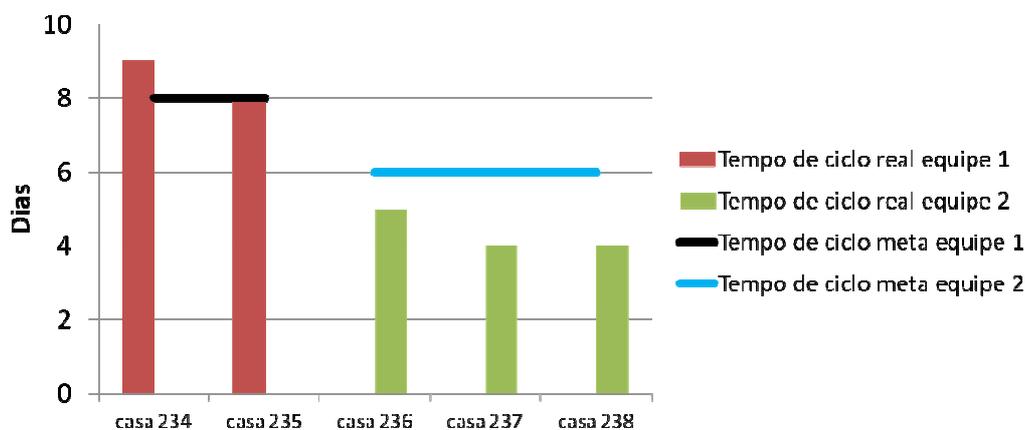


Figura 96- Aderência ao tempo de ciclo por equipe nas unidades realizadas

Apesar da aderência ao ciclo de revestimento de gesso proposto, foi verificado que o valor médio do PPC é baixo e ainda apresenta uma grande variabilidade no processo de revestimento de gesso ao longo das semanas (Figura 97). A causa principal foi à falta de comprometimento da mão de obra durante as semanas, visto que ao contrário dos estudos anteriores, pacotes categorizados em retrabalho e em falta de terminalidade eram planejados semanalmente, mas por não existirem reuniões de comprometimento, normalmente as equipes davam prioridade a tarefas em locais que fosse possível alcançar uma maior produtividade.

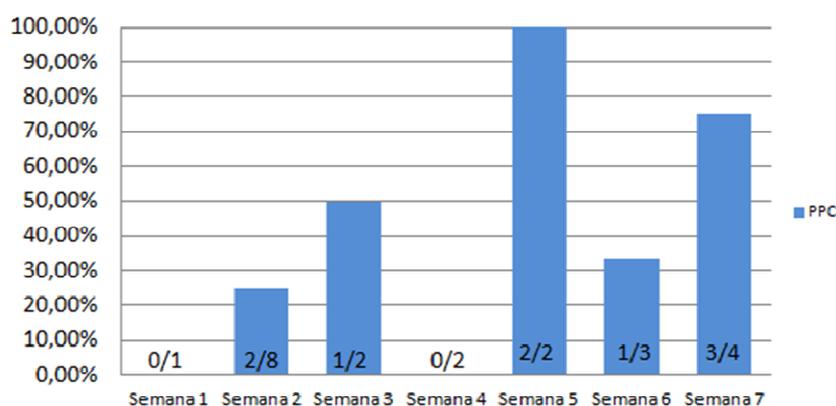


Figura 97- Evolução PPC para o processo de revestimento de gesso

5.3.2.2. Contribuições ao desenvolvimento do método de controle

O aprendizado obtido e as melhorias sugeridas ao final do estudo Y foram fundamentais para o refinamento do módulo de integração produção e qualidade. O estudo Z ainda permitiu modificar a estrutura do módulo de pacotes informais.

Pacotes informais

Ao contrário dos estudos anteriores em que os pacotes por falta de terminalidade, retrabalho e novos eram sempre informais, no estudo Z foi verificado que tais pacotes não eram negligenciados pela equipe de gestão da obra, que incluía nos planos os pacotes semanais referentes a estas categorias. Nesse ponto, o módulo de pacotes informais passou a ser mais abrangente, mensurando a informalidade dos planos, independente das categorias, bem como o percentual de mão de obra alocados nas diferentes categorias de pacotes.

As definições de pacotes formal e informal continuaram as mesmas em relação a aquelas consideradas nos estudos da empresa A (item 5.2.1.4). Entretanto, as categorias de pacotes foram refinadas, conforme as definições apresentadas a seguir:

- Falta de terminalidade: são atividades relativas a pacotes que haviam sido considerados concluídos anteriormente, mas que ainda necessitavam de arremates, ou que ainda faltavam concluir alguns elementos (ex.: uma parede);
- Pacotes novos: consiste em novos pacotes que não foram planejados para a semana, ou pacotes que foram planejadas, mas não seguem a sequência de ataque do empreendimento;
- Retrabalho: atividades relacionadas à correção de pacotes executados anteriormente;
- Pacotes normais: referem-se às atividades planejadas e que seguem a sequência de ataque prevista para o empreendimento.

Controle integrado produção e qualidade

É possível verificar que todas as categorias apresentadas acima estavam associadas ao conceito de lote⁵, nesse ponto, no estudo Z o pacote de trabalho era representado por uma ação, um elemento, um local (unidades, salas, quartos, ou etc..) e também ao lote que estava sendo executado. Assim, tal definição conseguia manter um bom grau de detalhe dos pacotes e, ao mesmo tempo, conseguia seguir uma lógica similar de divisão de serviços presente no sistema de gestão da qualidade.

Para avaliar a qualidade da execução dos pacotes semanais, foram utilizados os seguintes indicadores, com base no estudo de Righi (2009):

- Porcentagem de pacotes concluídos parcialmente com qualidade (PPCPQ): considera os pacotes executados que preenchem alguns itens do controle da qualidade;
- Porcentagem de pacotes concluídos totalmente com qualidade (PPCTQ): se refere aos pacotes concluídos que preenchem todos os itens do controle da qualidade, e quando englobam a conclusão do serviço;

⁵ Número de unidades-base que devem ser executadas ao mesmo tempo para cada processo (RODRIGUES, 2006).

Proposta de método de controle integrado entre produção e qualidade com mensuração de perdas por *making-do* e pacotes informais

5.3.2.3. Módulo de identificação de perdas por *making-do*

Na Figura 98, pode-se observar que as perdas por *making-do* identificadas concentravam-se principalmente em três categorias de perdas: (a) sequenciamento, (b) equipamento e ferramentas, e (c) instalações provisórias.

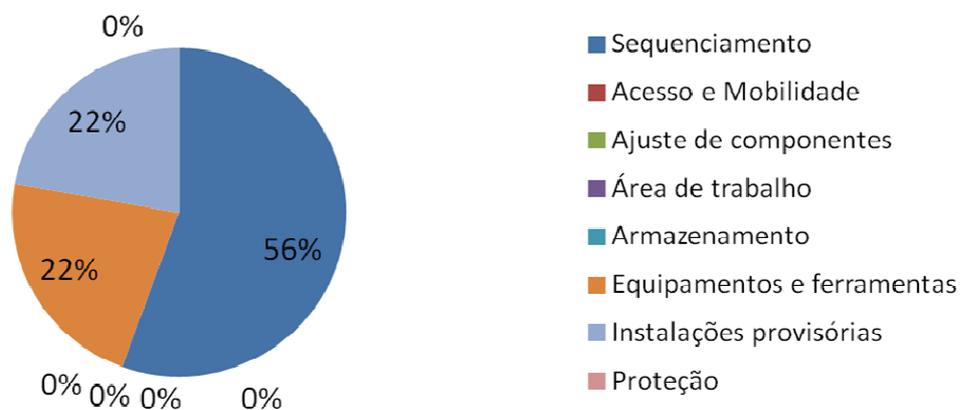


Figura 98- Categoria de perdas identificadas

A categoria sequenciamento estava relacionada, principalmente, aos casos em que o revestimento de gesso foi realizado mesmo sem que o processo anterior estivesse totalmente concluído com qualidade, como, por exemplo, quando o teto foi revestido mesmo sem estar totalmente plano (Figura 99).



Figura 99- Teto revestido antes de estar em conformidade com a qualidade

Outra situação frequentemente observada, na mesma categoria de perda por sequenciamento, estava relacionada à execução de revestimento de gesso em casas que ainda não estavam com a cobertura concluída. A conclusão desse serviço era necessária para impedir que a umidade e infiltrações interferissem na qualidade do revestimento.

Quanto às perdas por equipamentos/ferramentas e instalações provisórias, normalmente ocorriam em pacotes de retrabalho e pacotes por falta de terminalidade, sendo relacionados principalmente ao transporte manual de sacos de gesso e à utilização de pontos de água de blocos distantes do local que estava sendo executado o serviço.

Sobre a origem das perdas, a Figura 100 indica que os principais pré-requisitos que originaram as perdas se concentravam em três tipos: serviços interdependentes, informação, instalações. O primeiro deles estava diretamente relacionado à conclusão com qualidade dos serviços que antecedem o revestimento de gesso na sequência produtiva, como foi o caso da execução da cobertura, e a planicidade das paredes e do teto.

O pré-requisito informação estava relacionado à ausência da liberação da qualidade do serviço anterior, bem como de estudos de *layout* e circulação de materiais, os quais possibilitariam o equipamento escolhido para transporte do saco de gesso, no caso o caminhão, abastecer todas as unidades. Ainda sobre o pré-requisito informação, não existiam estudos das instalações provisórias para as unidades que estavam sendo executados pacotes por retrabalho e falta de terminalidade. Quanto o pré-requisito instalações, era referente à falta de disponibilidade de pontos de água próximos aos locais em que seriam realizados os pacotes de retrabalho e falta de terminalidade.

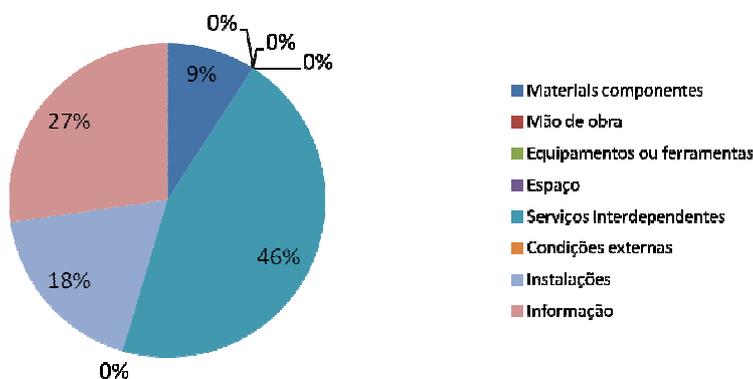


Figura 100- Pré-requisitos ausentes que podem ter originado as improvisações

A avaliação do impacto das perdas identificadas permitiu observar que estas se concentraram em (Figura 101): redução da qualidade, perda de materiais, retrabalho, falta de terminalidade e diminuição da produtividade. Em suma, as improvisações identificadas que estavam relacionadas à inversão da sequência produtiva, impactavam a produção ao reduzir a qualidade, gerar retrabalho e, conseqüentemente perda de material, além de resultar na falta de terminalidade, visto que planos de parede ou de teto esperavam a correção dos serviços anteriores para então serem concluídos.

Quanto aos casos evidenciados de improvisação nos equipamentos e nas instalações provisórias, estes impactavam a produção através da diminuição da produtividade, visto que, nos pacotes por retrabalho e falta de terminalidade, os funcionários tinham que transportar água e sacos de gesso por longas distâncias.

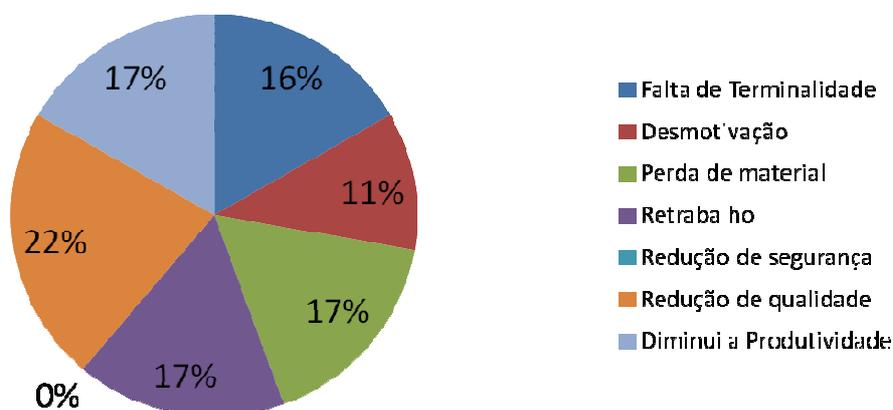


Figura 101- Impacto das perdas

5.3.2.4. Módulo de identificação de pacotes informais

A aplicação do módulo foi explorada de duas maneiras. Na primeira, o foco de análise era o processo acompanhado, enquanto na segunda, o foco englobou todos os processos do empreendimento.

Processo de revestimento de gesso

A aplicação do módulo de identificação de pacotes informais no processo de revestimento de gesso permitiu identificar a presença de pacotes informais sendo executados durante as semanas (Figura 102). Nesse aspecto, foi verificado que cerca de 30% dos pacotes executados durante a semana eram informais.

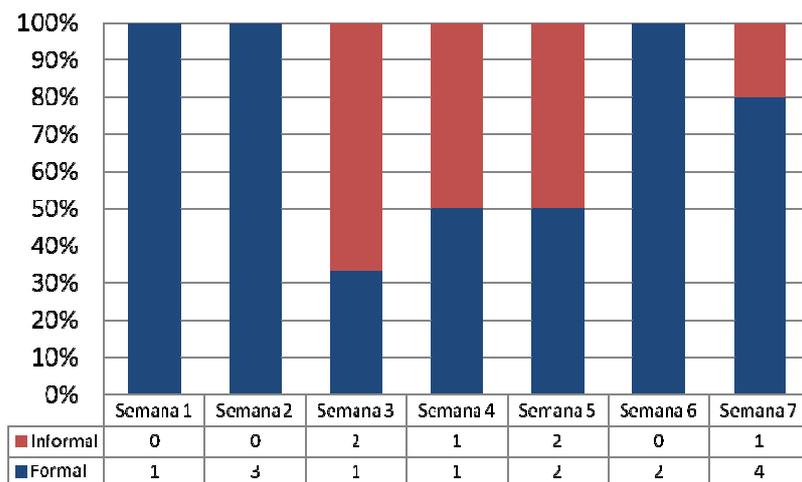


Figura 102- Caracterização dos pacotes executados durante as semanas

Analisando a figura anterior e a Figura 103 é possível verificar que durante algumas semanas foram planejados pacotes categorizados em retrabalho e pacotes por falta de terminalidade. No entanto, mesmo sendo discutido tais tipos de pacote nas reuniões semanais, ainda assim surgiram pacotes informais por retrabalho e falta de terminalidade no decorrer das semanais.

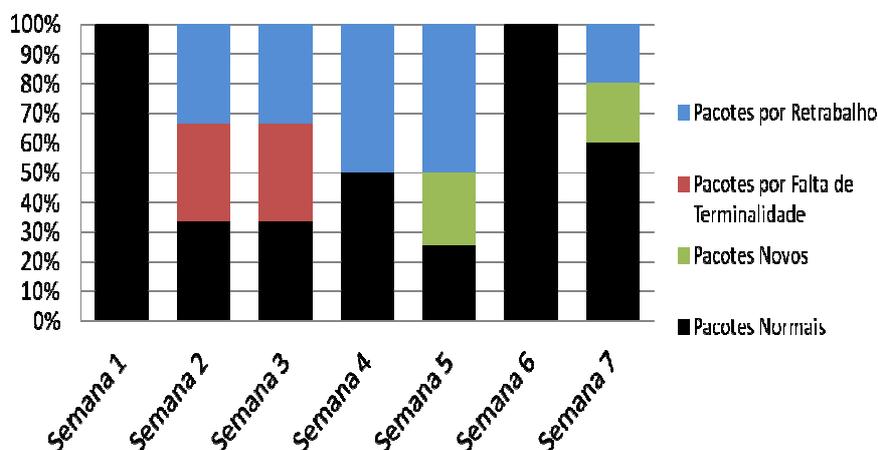


Figura 103- Categoria de pacotes executados durante as semanas

Ao avaliar o percentual do efetivo alocado nas diferentes categorias de pacotes, constatou-se que 71% da mão de obra executou atividades em pacotes normais, enquanto 19% realizaram atividades de retrabalho (Figura 104) e 10% estavam distribuídos em pacotes novos e por falta de terminalidade.

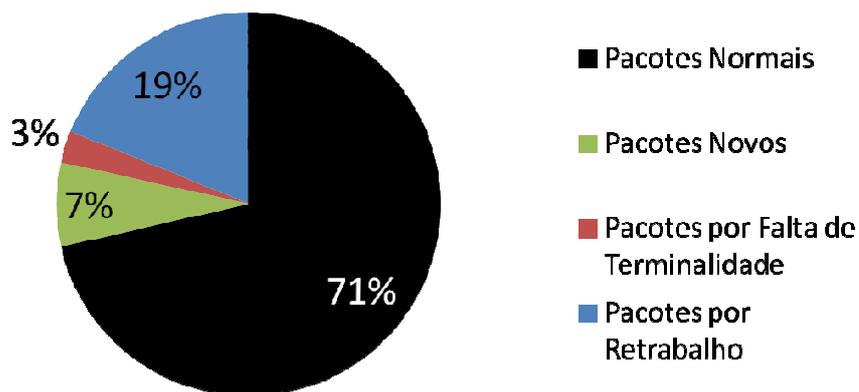


Figura 104- Distribuição da quantidade total de horas de gesso nos pacotes executados

Empreendimento como um todo

A aplicação do módulo em todos os processos do empreendimento tinha como enfoque o percentual de formalização dos pacotes no período e o percentual de efetivo alocado nas diferentes categorias de pacotes. Concluiu-se que 33% dos pacotes executados eram informais. Tais valores eram semelhantes aos encontrados àqueles referentes ao processo de revestimento de gesso.

Quanto à alocação de mão de obra, verificou-se que 66% do efetivo realizou pacotes normais durante o período acompanhado. Observando a Figura 105, é possível verificar que 19% dos funcionários realizavam pacotes novos, enquanto 9% realizavam pacotes por falta de terminalidade, e 6% pacotes por retrabalho.

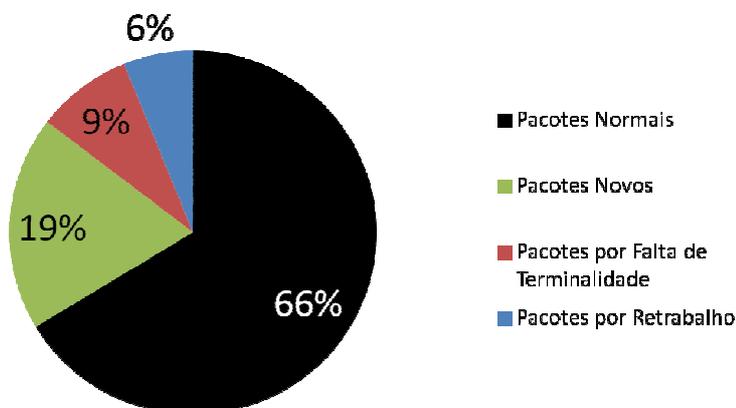


Figura 105- Distribuição da quantidade total de horas de funcionários nos pacotes executados

5.3.2.5. Módulo de controle integrado produção e qualidade

A aplicação desse módulo permitiu identificar que em algumas semanas havia um descolamento entre o PPC e os indicadores que consideravam a qualidade, o PPCPQ e o PPCTQ (Figura 106). Tal descolamento indicava que a quantidade de pacotes concluídos no prazo era superior à quantidade de pacotes que foram concluídos com qualidade.

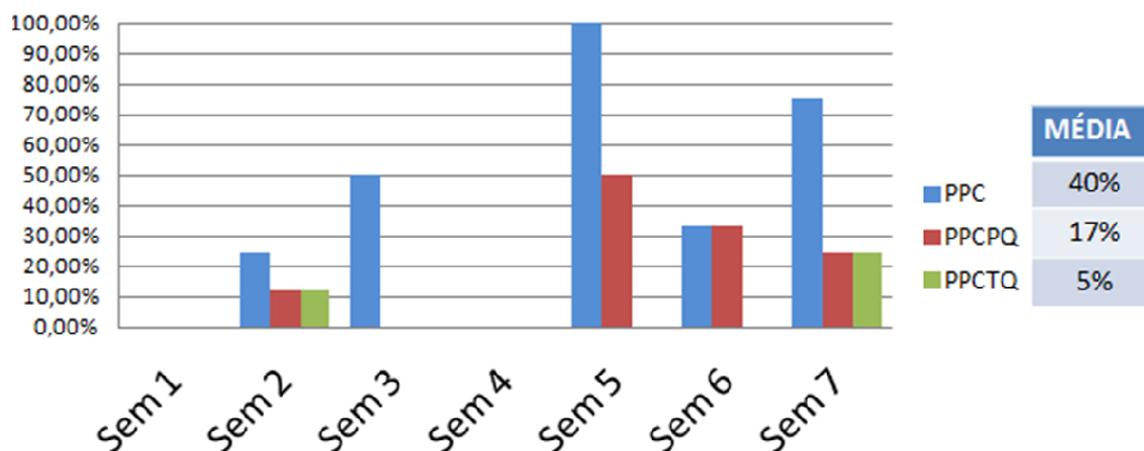


Figura 106- Comparativo PPC, PPCTQ e PPCPQ

A comparação entre os indicadores indica que, apesar de existirem pacotes concluídos em conformidade com itens do controle da qualidade, os mesmos não englobavam a conclusão total do serviço, sendo assim classificados em pacotes concluídos parcialmente com qualidade. Essa situação pode ser explicada pelo fato de que alguns pacotes planejados poderiam se referir a apenas alguns espaços de uma unidade, como uma sala ou uma cozinha, como também poderiam se referir a uma das unidades que compõe um lote de produção do serviço.

Na Figura 107, são apresentadas as causas apontadas para a não conclusão dos pacotes com qualidade. Tais causas concentravam-se em três categorias: (a) tarefa precedente, (b) pré-requisito não estava disponível, e (c) negligência da força de trabalho.

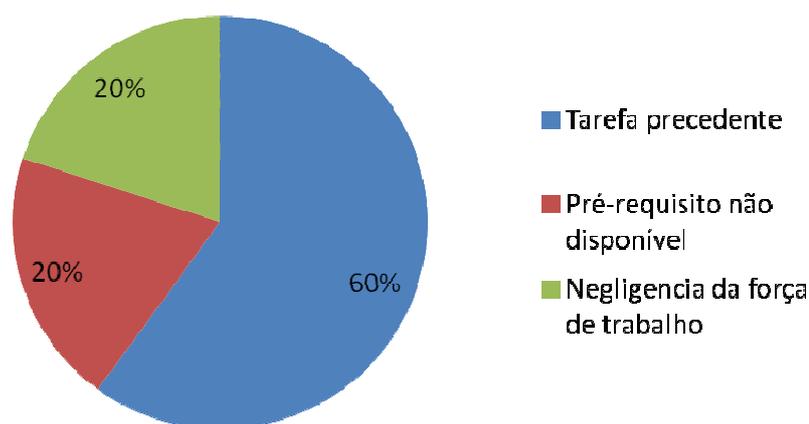


Figura 107- Causas da não conclusão dos pacotes com qualidade

A categoria “tarefa precedente” considerava os casos em que o serviço anterior não havia sido concluído ou quando tinha sido concluído sem qualidade. Esses casos foram evidenciados, principalmente, nos pacotes que foram executados sem que a cobertura tivesse sido concluída. Como resultado, algumas paredes ficaram esverdeadas logo após terem sido revestidas devido à reação do gesso com a umidade proveniente da laje (Figura 108).



Figura 108- Alteração de cor do gesso provocado pelo revestimento ter sido iniciado antes da cobertura ter sido concluída

Quanto à categoria “pré-requisito não disponível”, esta se referia aos problemas de qualidade relacionados à ausência de mestras na quantidade e no espaçamento ideal, que resultaram em revestimentos fora do prumo e sem atingir a planicidade especificada.

De fato, a ausência das mestras também influenciou nos casos em que o problema era a negligência da força de trabalho, visto que houve situações em que a equipe havia identificado que a distância entre as mestras de uma parede estava superior ao ideal, mas, mesmo assim, executaram o revestimento de gesso, o que resultou também em problemas de prumo e planicidade.

A partir da identificação da causa dos problemas que comprometiam a qualidade foi possível propor ações corretivas, tais como o posicionamento das mestras na quantidade e espaçamento ideal para evitar a recorrência do problema nos lotes que iriam ser realizados (Figura 109).



Figura 109- Posicionamento de mestras na quantidade e espaçamento ideal

5.3.3. Avaliação do estudo Z

Assim nos outros estudos de caso deste trabalho, a avaliação do método proposto no estudo Z foi baseada nos constructos Utilidade e Facilidade de uso.

5.3.3.1. Utilidade

Com relação à contribuição do método para percepção da necessidade de se controlar as perdas por *making-do*, a integração do módulo de identificação de pacotes informais à rotina de planejamento e controle semanal alertou a equipe de gestão sobre a necessidade de se planejar os pacotes por retrabalho e falta de terminalidade com o propósito de evitar o surgimento de novas perdas por *making-do*.

De fato, a formalização de pacotes por retrabalho e falta de terminalidade ainda tornou possível ampliar o controle integrado da produção e qualidade, pois permitiu avaliar se tais pacotes foram concluídos com qualidade. Essa avaliação é de suma importância

para o controle de perdas por *making-do*, já que reduz os casos de alteração da sequência construtiva relacionados à ausência de qualidade da tarefa antecedente.

Quanto à contribuição dos resultados do método de controle para auxiliar a gestão do empreendimento, a sincronização entre os ciclos de controle da produção e o da qualidade inicialmente desenvolvidos no estudo Y foi mantida. Este aspecto permitiu identificar que muitos dos problemas na qualidade estavam relacionados às perdas por *making-do*. Com base nos novos indicadores semanais desenvolvidos, a equipe de gestão pode agir na causa raiz de alguns problemas, como, por exemplo, o espaçamento inadequado das mestras para o revestimento de gesso.

Outra evidência observada estava associada à identificação da necessidade de se controlar os fluxos físicos, pois permitiu verificar que o início das atividades de calçamento fez com que as equipes improvisassem no transporte dos sacos de gesso, aumentando assim a quantidade de atividades que não agregam valor, o que poderia resultar na diminuição da produtividade.

5.3.3.2. Facilidade de Uso

Com relação à facilidade de uso, o método de controle aplicado neste estudo apresentou avanços em termos de compreensão das planilhas, sendo que a coleta de dados e processamento foi realizada durante algumas semanas por dois bolsistas de iniciação científica, os quais não haviam participado da coleta nos outros estudos. Nas semanas iniciais aconteceram alguns erros de coleta, os quais estavam relacionados à pouca familiarização dos pesquisadores com as categorias de pacote. Por exemplo, um pacote por retrabalho do revestimento foi mal interpretado, sendo apontado como um pacote por falta de terminalidade.

Quanto ao tempo despendido na coleta de dados, entrada de dados para processamento, e processamento de dados em si, observou-se uma redução no tempo despendido para coleta de dados dos pacotes informais, com relação ao estudo anterior. Foi possível reduzir 33% do tempo, o qual passou a ser de cerca de 10min de duração (Figura 110). Tal redução foi motivada, principalmente, pela maior participação dos líderes de equipe, os quais ao informavam ao final do dia as atividades realizaram no dia.

Atividades	Estudo Z		
	Módulo de identificação de pacotes informais	Módulo de identificação de perdas por improvisação	Módulo de controle integrado produção e qualidade
Coleta diária de dados	10 min	40 min	40 min
Entrada de dados para processamento	5 min	10 min	5 min
Processamento dos dados em si	5 min	20 min	10 min

Figura 110- Tempo aproximado despendido para as atividades principais com relação a cada módulo

Quanto à adequação ao processo existente, houve dificuldades na adequação do módulo de identificação de perdas por *making-do* ao sistema de PCP do empreendimento. De fato, este módulo era prejudicado pela baixa frequência de reuniões de médio prazo.

Quanto ao módulo de controle integrado produção e qualidade, o refinamento realizado no indicador de qualidade tornou possível a compatibilidade entre os sistemas de controle. Nesse ponto, a consideração de que a avaliação da qualidade poderia ser realizada de maneira parcial ou total, permitiu manter o grau de detalhes necessários a um planejamento semanal.

5.3.4. Conclusão da etapa 3

Como os objetos de análise do módulo de identificação de pacotes informais era o empreendimento como um todo e o processo de revestimento de gesso, os resultados demonstraram algumas semelhanças e algumas particularidades. Primeiramente, a baixa implementação das práticas de curto prazo pode ser considerada como fator principal para o grande percentual de pacotes informais sendo realizados, cerca de 30% para os dois objetos de análise.

Por outro lado, nas categorias de pacotes foi verificado que a alocação do efetivo em pacotes referentes à categoria retrabalho era muito superior no processo de revestimento de gesso do que quando comparado no empreendimento como um todo. De certa forma, isto pode estar relacionado à integração entre os sistemas de controle da produção e da qualidade ocorrida apenas neste processo, visto que logo após ser identificado que o pacote não havia sido concluído com qualidade era programado um retrabalho. Ainda, os resultados indicaram que a alocação de funcionários em pacotes categorizados em novos foi bastante frequente no empreendimento como um todo e estava associada à baixa implementação das práticas de médio prazo. Por exemplo, a não remoção de restrições gerava interrupções no serviço de revestimento de gesso de uma casa, fazendo

Proposta de método de controle integrado entre produção e qualidade com mensuração de perdas por *making-do* e pacotes informais

com que as equipes se dispersassem a procura de outra unidade que permitisse obter frente de trabalho.

Outro resultado importante obtido com a etapa 3 foi o percentual de perdas por retrabalho e por falta de terminalidade para todo empreendimento, cerca de 6% e 9%, respectivamente. Esse valor é referente à alocação direta de mão de obra em pacotes por retrabalho e por falta de terminalidade durante as semanas acompanhadas. Apesar de serem referentes a um empreendimento em fase final, pode servir como base para futuros estudos sobre este tema.

Quanto às perdas por *making-do*, o estudo indicou que perdas podem estar associadas às falhas no planejamento e controle de fluxos físicos. Neste ponto, o início do calçamento não considerou o espaço necessário para circulação do caminhão que transportava os sacos de gesso. Ainda, as perdas categorizadas em instalações estavam, em geral, relacionadas ao tipo de pacote a ser executado, visto que foram identificadas apenas em pacotes por retrabalho ou por falta de terminalidade.

Por fim, a etapa 3 indicou novamente que os casos de perdas por *making-do* podem ser reduzidas a partir da integração entre os controles da produção e da qualidade. De fato, a integração tornou possível alcançar um maior nível de detalhe para a análise de restrições, como o caso das mestras e do telhado.

6. MÉTODO PROPOSTO PARA O CONTROLE INTEGRADO PRODUÇÃO E QUALIDADE COM MENSURAÇÃO DE PERDAS POR *MAKING-DO* E PACOTES INFORMAIS

Neste capítulo é apresentada a versão final do método construído ao longo do trabalho, o qual é um produto do aprendizado obtido a partir das três etapas da pesquisa e da revisão da literatura. Este método visa integrar o controle da produção ao da qualidade, e incorporar a medição de perdas por *making-do* e de pacotes informais utilizando o Sistema *Last Planner* como referência.

Em linhas gerais, o método é composto por três módulos principais: (a) identificação de perdas por *making-do*; (b) identificação de pacotes informais; (c) controle integrado produção e qualidade.

6.1. MÓDULO DE IDENTIFICAÇÃO DE PERDAS POR *MAKING-DO*

Este módulo seguiu a estrutura do método proposto por Sommer (2010), sendo composto por três grandes grupos: (a) identificação das perdas por *making-do*; (b) identificação dos pré-requisitos necessários para haver condições ideais de trabalho; (c) avaliação do impacto das perdas identificadas.

Em relação às categorias de perdas por *making-do*, este estudo propõe uma extensão daquelas propostas por Sommer (2010). Foi considerada como uma nova categoria a perda por sequenciamento, a qual foi definida como a alteração da sequência de atividades necessárias para finalizar um determinado processo. Esta categoria de perdas tende a ser mais frequente nos processos relacionados aos acabamentos das edificações.

No que se refere ao conjunto de categorias de pré-requisitos ou pré-condições, manteve-se a proposta de Sommer (2010), que considera os setes fluxos sugeridos por Koskela (2000) e ainda acrescenta a categoria instalações (ver item 2.6).

Foi também acrescentada uma categoria possíveis impactos das improvisações, denominada falta de terminalidade, ao conjunto de impactos considerados por Sommer (2010) (item 2.6).

A Figura 111 descreve o processo referente ao módulo de identificação de perdas por *making-do*, incluindo as atividades necessárias para gerar as informações, bem como a participação dos gestores.

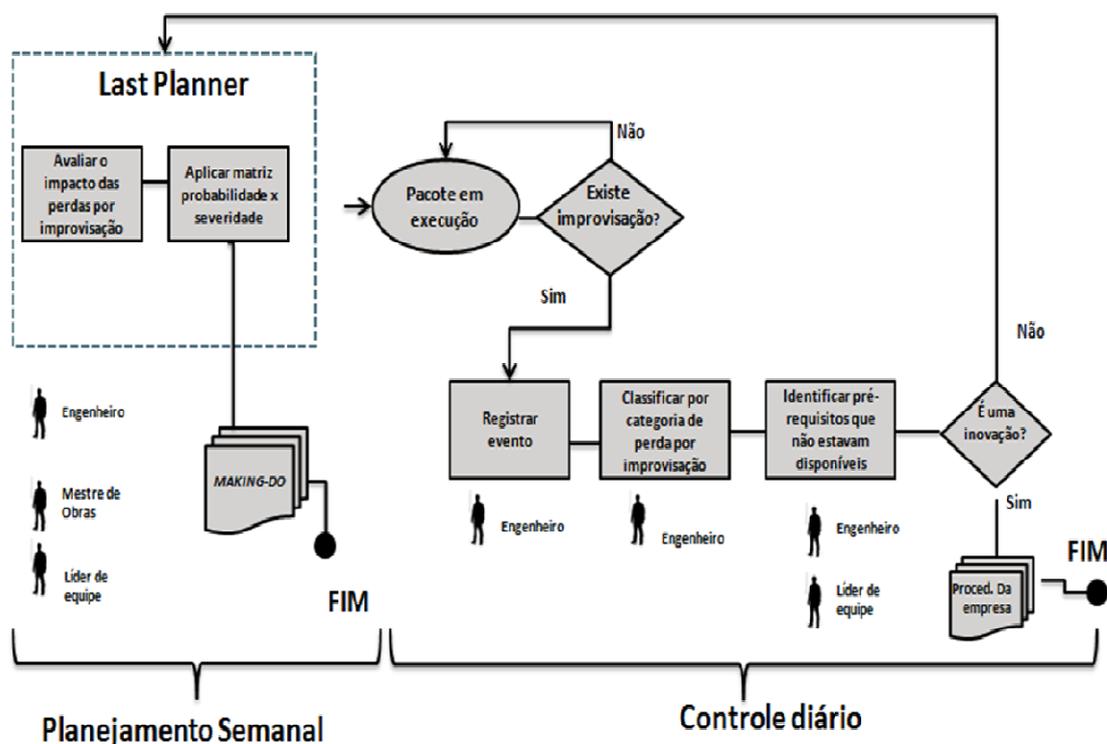


Figura 111- Módulo de identificação de perdas por *making-do*

O processo se inicia com o acompanhamento da execução do pacote de trabalho, o qual tem como objetivo identificar improvisações realizadas pelas equipes. Quando alguma improvisação for identificada, deve ser feita uma descrição e se possível um registro fotográfico do evento, para, então, ser classificada por categoria de perda por *making-do*.

Para identificar os pré-requisitos que não estavam disponíveis ou que estavam em condições subótimas e que, de alguma maneira, contribuíram para o surgimento da improvisação, é necessário envolver o líder de equipe ou até mesmo o funcionário que realizou a improvisação. De fato, essa análise conjunta permite que sejam identificados os verdadeiros motivos que originaram a improvisação.

As origens da improvisação podem estar relacionadas à interação entre as falhas na disponibilização de mais de um pré-requisito. No entanto, para facilitar a análise, foi estabelecido um número máximo de três pré-requisitos, assim como Sommer (2010) havia proposto.

Após a identificação dos pré-requisitos que possivelmente originaram a improvisação, deverá ser avaliado se a improvisação identificada fornece uma inovação ao sistema produtivo. Em caso positivo, esta é registrada no banco de dados para posteriormente ser divulgada para as equipes como parte do procedimento da empresa. Por outro lado, caso a improvisação não forneça uma inovação, considera-se que a mesma seja um caso de perda por *making-do*. Dessa forma, é necessário avaliar os possíveis impactos que a perda pode gerar na produção. Nesse ponto, foi adotado o mesmo critério empregado por Sommer (2010), a qual considerou que a avaliação em cada improvisação poderia identificar no máximo três maneiras diferentes de impactar a produção.

Essa avaliação deve ser realizada na reunião de planejamento semanal, pois a participação dos líderes de equipe e dos gestores pode tornar a avaliação mais rica. Ainda, para priorizar as possíveis ações corretivas, é empregada a matriz severidade x probabilidade, pois, dessa maneira, são priorizadas as improvisações que geram mais riscos a produção. Por fim, as perdas consideradas de grande risco são registradas no banco de dados das perdas por *making-do* e podem ser utilizadas como informação de entrada para a análise de restrições do médio prazo.

6.2. MÓDULO DE IDENTIFICAÇÃO DE PACOTES INFORMAIS

Ao longo do estudo houve uma evolução da estrutura do módulo de identificação de pacotes informais. Na sua versão final, o módulo passou a ser composto de componentes: (a) medição dos pacotes informais; (b) medição dos pacotes de acordo com a natureza; (c) medição de perdas por retrabalho, falta de terminalidade e novos.

Proposta de método de controle integrado entre produção e qualidade com mensuração de perdas por *making-do* e pacotes informais

6.2.1. Medição dos pacotes informais

Neste item, dois aspectos merecem ser destacados. O primeiro deles está relacionado à definição de pacotes, em que ocorreu um refinamento da definição de pacote proposta por Marchesan (2001). Em linhas gerais, o pacote passou a ser definido como uma ação, um elemento, um local, e um lote, por exemplo, elevar alvenaria da cozinha do 7º pavimento.

O segundo aspecto refere-se à diferença entre pacotes formais e informais. Em suma, um pacote formal refere-se ao pacote que é planejado na reunião semanal e que é executado durante a semana. O pacote informal, por sua vez, é aquele que não foi planejado na reunião semanal, mas que acaba sendo executado durante a semana.

Em linhas gerais, o controle se resume a comparação entre a proporção de pacotes informais executados e a proporção de formais executados com relação ao total de pacotes executados na semana.

6.2.2. Classificação de pacotes de acordo com a natureza

Após o aprendizado ocorrido ao final dos estudos de caso, foi identificado que os pacotes de trabalho poderiam ser classificados em quatro tipos, conforme segue:

- Falta de terminalidade: são atividades relativas a pacotes que haviam sido considerados concluídos na reunião de planejamento, mas que ainda necessitavam ser concluídos, para a execução de arremates, ou de algum elemento construtivo não finalizado (por exemplo, uma parede);
- Novos: consiste em novos pacotes que não foram incluídos no plano de curto prazo (com todas as restrições eliminadas, mesmo que estes pacotes constem nos planos de médio e longo prazo, Normalmente estes pacotes representam uma mudança na sequência de execução do empreendimento);
- Retrabalho: atividades relacionadas à correção de pacotes executados anteriormente; e
- Normal: refere-se às atividades incluídas no plano de curto prazo e que seguem a sequência de execução do empreendimento.

O critério para delimitar um pacote informal é baseado na maneira que a gerencia planeja os pacotes formais. Se um pacote formal, em uma semana qualquer, for definido como “elevação da alvenaria do 7º pavimento”, seria considerado como um pacote informal a elevação da alvenaria de qualquer outro pavimento, que não havia sido incluído no plano de curto prazo.

Assim, como forma de controle, pode-se utilizar um indicador que compara a proporção de pacotes executados de cada categoria com relação ao total de pacotes executados na semana.

6.2.3. Medição de perdas por retrabalho e falta de terminalidade

A medição de perdas no modelo proposto está focada no agente que executa o trabalho. Assim, as perdas podem ser medidas de forma expedita pelo número de funcionários utilizados em pacotes por retrabalho, falta de terminalidade e novos. Ou seja, mensura-se a quantidade de trabalhadores que não estavam sendo empregadas em pacotes normais.

Para realização desta medição, foi necessário criar uma estrutura para guiar a alocação diária dos funcionários nas diversas categorias de pacote (Figura 112), visto que foi observado nos estudos de caso que um funcionário pode realizar mais de um pacote ao longo de um dia. Assim, para esses casos deve ser feita uma distribuição de acordo com a proporção de tempo do dia que o funcionário esteve nos pacotes.

Para facilitar a coleta e análise dos dados, o cálculo do indicador de perdas passou a ter como objeto de análise o número de homem.dia. Com isso, o indicador da importância dos pacotes formais é dado pela proporção aproximada de homem.dia despendidos em cada categoria com relação a quantidade aproximada total de homem.dia disponíveis na semana (excluindo dias ou turnos não trabalhados).

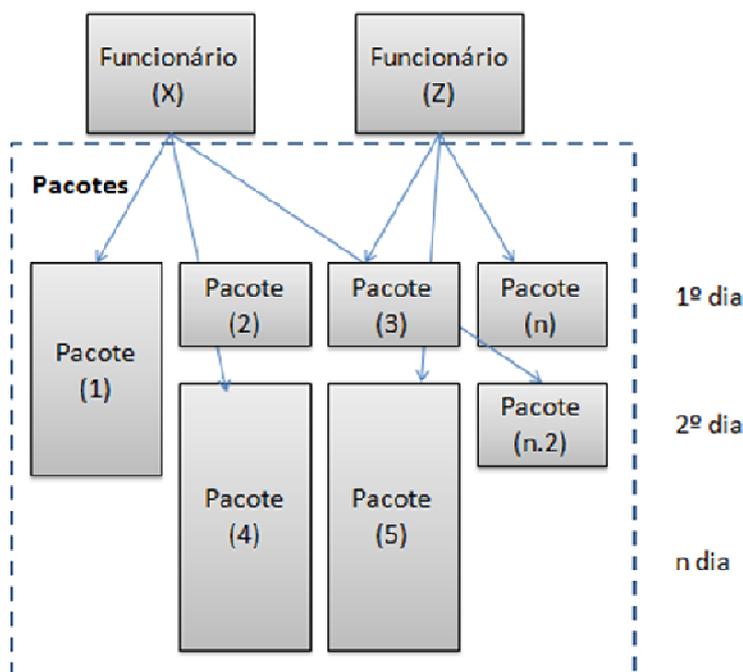


Figura 112- Estrutura de alocação de funcionários

6.2.4. Identificação de pacotes informais

O processo tem início com a avaliação dos pacotes que estão em execução ao longo do dia. Cabe ao responsável analisar se o pacote era formal ou informal e classificar o pacote de acordo com sua natureza, sendo, posteriormente, registrado o número de trabalhadores alocados nos mesmos. Por fim, os indicadores são registrados no banco de dados

6.3. MÓDULO DE CONTROLE INTEGRADO PRODUÇÃO E QUALIDADE

O refinamento deste módulo ao longo dos estudos Y e Z permitiu alcançar uma sincronia entre os ciclos de controle sem abdicar de uma maior aderência entre os pacotes de trabalho e os lotes de inspeção da qualidade. É importante considerar que, tanto pacotes formais como informais devem ser avaliados pelo sistema de qualidade.

O processo de controle integrado produção e qualidade se inicia com a definição do pacote de trabalho no planejamento semanal (Figura 113). Esta definição deve ser

realizada com a participação de líderes de equipes para que haja comprometimento do mesmo com os pacotes planejados, assim como é realizado no Sistema *Last Planner*.

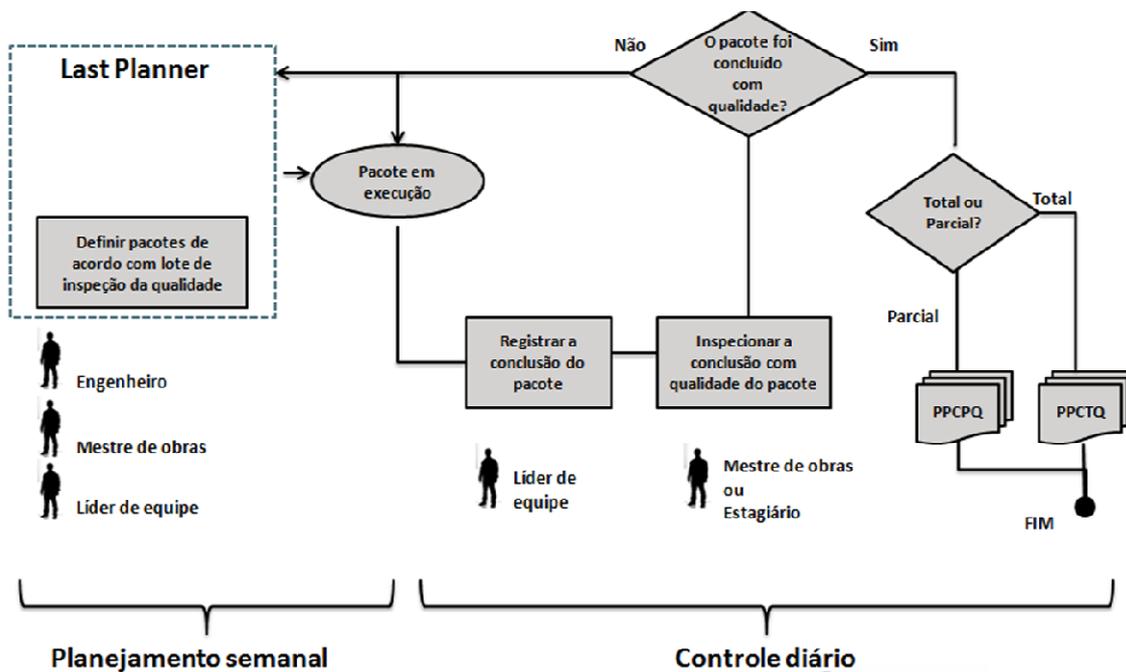


Figura 113- Processo de controle integrado produção e qualidade

Durante a semana, o líder de equipe informa ao responsável os pacotes que foram concluídos, e solicita a este a inspeção da qualidade. Se o pacote não tiver sido concluído com qualidade e ainda houver tempo na semana para correção, o mesmo será novamente realizado, agora como um pacote informal de retrabalho. Por outro lado, caso o pacote não tenha sido concluído com qualidade e não houver tempo para correção ainda na semana, o mesmo deverá ser replanejado, só que agora como pacote formal de retrabalho.

Porém, se o pacote tiver sido concluído com qualidade, o mesmo será considerado no cálculo de um dos seguintes indicadores:

- Porcentagem de pacotes concluídos parcialmente com qualidade (PPCPQ): considera os pacotes executados que preenchem alguns itens do controle da qualidade;

Porcentagem de pacotes concluídos totalmente com qualidade (PPCTQ): se refere aos pacotes concluídos que preenchem todos os itens do controle da qualidade, e quando englobam a conclusão do serviço.

Proposta de método de controle integrado entre produção e qualidade com mensuração de perdas por *making-do* e pacotes informais

7. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Este capítulo apresenta as principais conclusões obtidas ao longo da pesquisa. São também apresentadas recomendações para trabalhos futuros que busquem a auxiliar na compreensão das perdas por *making-do*, retrabalho e falta de terminalidade, e também na compreensão dos pacotes informais.

7.1. PRINCIPAIS CONCLUSÕES

Os problemas relacionados à medição de perdas por *making-do* e retrabalho serviram como base para a investigação desta pesquisa. Para solucioná-los, foram utilizados os conceitos de improvisação, retrabalho, falta de terminalidade e pacotes informais. Outra estratégia empregada para solucionar este problema foi a integração do controle da qualidade ao sistema de PCP.

A etapa de compreensão deste trabalho consistiu na realização de um estudo exploratório em um empreendimento da empresa A, o qual teve como objetivo familiarizar o pesquisador com o conceito de improvisação. Importantes contribuições foram levantadas durante este estudo, sendo a principal delas a definição dos pacotes informais de retrabalho, falta de terminalidade e novos. Estes pacotes demonstravam ter uma estreita relação com as perdas por *making-do*, pois, por serem negligenciados nas reuniões de curto prazo, poderiam ser executados em condições sub-ótimas. Por isso, foi sugerido a mensuração dos pacotes informais como uma das funções do método de controle a ser proposto. Nesse sentido, ao final do estudo exploratório uma proposta inicial básica do método foi apresentada, a qual era composta pelo módulo de identificação de perdas por *making-do* e o de identificação de pacotes informais.

Outras contribuições que emergiram dessa etapa. Constatou-se que muitas das perdas identificadas estavam relacionadas a baixa implementação das práticas de planejamento

e controle de curto e médio prazo. Além disso, observou-se que tais perdas também poderiam ser reduzidas se fosse reforçada a análise das restrições relacionadas a acesso, instalações provisórias e aos fluxos físicos.

Na segunda etapa, foram realizados dois estudos de caso, ambos na empresa A, os quais tinham o objetivo de desenvolver o método de controle. Em cada estudo o método passou por um processo de aplicação, avaliação dos resultados e melhoria, sendo refinados os instrumentos e procedimentos de coleta. Ao final da etapa, foi proposta uma primeira versão do método de controle, o qual era composto por três módulos, o módulo de identificação de perdas por *making-do*, o módulo de identificação de pacotes informais, e o módulo de controle integrado produção e qualidade.

Esta etapa ainda forneceu um conjunto importante de contribuições. A primeira delas foi a criação de uma nova categoria de perda por *making-do*, intitulada como sequenciamento. Esta categoria demonstrou que de fato esse tipo de perda tem uma forte relação com os pacotes informais, pois na ausência dos recursos padrão, a equipe pode alterar a sequência de produção, proporcionando o surgimento de pacotes informais de retrabalho, falta de terminalidade e novos.

Outra contribuição da segunda etapa foi a constatação de que, embora os pacotes informais não utilizem uma grande quantidade de homens-hora, estes podem aumentar a quantidade de trabalho em progresso e dificultar o controle da qualidade, sendo de fato prejudiciais ao sistema produtivo como um todo.

Por fim, a partir da integração do controle da qualidade ao PCP, a segunda etapa apontou que a qualidade da tarefa antecedente era um dos principais problemas pela não conclusão com qualidade dos pacotes semanais. Ainda, a análise dos resultados indicou que esses defeitos são, em muito dos casos, a causa raiz das perdas por *making-do*.

Na etapa três foi realizado um novo estudo de caso, dessa vez em um empreendimento da empresa B e tinha o objetivo de consolidar o método desenvolvido. Durante esta etapa, foi possível refinar o módulo de controle integrado produção e qualidade, sendo ao final do estudo proposto uma segunda versão do método. Além disso, a terceira etapa contribuiu principalmente para comprovar uma das estratégias de redução de perdas por *making-do* propostas por Formoso *et al.* (2011). Nesse ponto, foi verificado que a integração entre o controle da produção e da qualidade permite que mais casos de

Proposta de método de controle integrado entre produção e qualidade com mensuração de perdas por *making-do* e pacotes informais

making-do sejam identificados. Além disso, torna visíveis as causas raiz de algumas categorias dessa perda.

Por fim, na etapa quatro foi proposta a última versão do método de controle integrado produção e qualidade com mensuração de perdas por *making-do* e pacotes informais. Este método é composto por três módulos principais: a identificação de perdas por *making-do*, a identificação de pacotes informais, em que é medido não só a proporção de pacotes, mas também, a quantidade de homens-hora despendida, além do módulo de controle integrado produção e qualidade.

7.2. RECOMENDAÇÕES

A partir do desenvolvimento desta pesquisa, podem ser sugeridos os seguintes trabalhos futuros:

- a) Desenvolver pesquisas que busquem aplicar o método em um número maior de canteiros, com o objetivo de consolidar as categorias propostas para perdas por *making-do*;
- b) Desenvolver pesquisas que avaliem as principais categorias de perdas por *making-do* de acordo com a natureza dos pacotes informais;
- c) Aplicar o módulo de controle integrado produção e qualidade de maneira que possa ser avaliado em outros canteiros de obra e para processos diferentes aos acompanhados neste trabalho; e
- d) Utilizar tecnologia da informação para acelerar a coleta e processamento dos dados.

REFERÊNCIAS

AKKARI, A.M.P. **Interligação entre o planejamento de longo, médio e curto prazo com o uso de pacote computacional MSPROJECT®**. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Engenharia Civil) – Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

ALVES, T.C.L. **Diretrizes para gestão dos fluxos físicos em canteiros de obra: proposta baseada em estudo de caso**. Dissertação de mestrado (Mestrado em Engenharia Civil)- Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.

ASHFORD, J.L. **The Management of Quality in Construction**. London: E&F Spon, 1992.

BALLARD, G. **The Last Planner System of Production Control**. Thesis (Ph.D) - School of Civil Engineering, Faculty of Engineering, University of Birmingham, Birmingham, 2000.

BALLAR, G.; HOWELL, G. Shielding Production: an essential step in production control. **Journal of Construction Engineering and Management**, ASCE v.124 n.1, p.11-7, Nova York, 1998.

BALLARD, G.; HOWELL, G. Update on Last Planner. In: Conference of the International Group for Lean Construction, 11, 2003, Blacksburg. **Proceedings**...Blacksburg, 2003.

BARBER, P.; GRAVES, A.; HALL, M.; SHEATH, D.; TOMKINS, C. Quality failures costs in civil engineering projects. **International Journal of Quality and Reliability Management**, v.17 no.4/5,pp.479-92.2000

BASHFORD, H.H.;SAWHNEY,A.;WALSH,K.D.;KOT,K. Implications of Even Flow Production Methodology for U.S Housing Industry.**Journal of Construction Engineering and Management**, ASCE, v.129 n.3;pp.330-337.2003

BERNARDES, M.M.S. **Desenvolvimento de um Modelo de Planejamento e Controle da Produção para Micro e Pequenas Empresas da Construção**. Tese de Doutorado (Doutor em Engenharia Civil) – Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

BORTOLAZZA, R.C.; COSTA, D.B.; FORMOSO,C.T. Avaliação quantitativa da implementação do last planner no Brasil. In: IV Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção, Porto Alegre, 2005.

Proposta de método de controle integrado entre produção e qualidade com mensuração de perdas por *making-do* e pacotes informais

BOSSINK, B.A.G.; BROWERS, H.J.H. Construction waste: quantification and source evaluation, **Journal of Construction Engineering Management**, ASCE, v.122 n.1, pp.55-60.1996.

BRODETSKAIA, I.; SACKS, R.; Understanding flow and micro-variability in construction: Theory and Practice. In: Conference of The International Group for Lean construction, 15,2007, Michigan. **Proceedings...**Michigan, 2007.

BURATI, J.L.; FARRINGTON, J.J.; LEDBETTER, W.B. Causes of quality deviations in design and construction. **Journal of Construction Engineering Management**, ASCE, v. 118 no.1, pp.34-39. 1992.

BULHÕES, I.R. **Diretrizes para implementação de fluxo contínuo na construção civil: proposta baseada em dois estudos de caso**. Tese de Doutorado (Doutora em Engenharia Ambiental Urbana) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2009.

BULHÕES, I.R.; FORMOSO, C.T. O papel do planejamento e controle da produção em obras de tipologias diferentes. In: IV Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção, SIBRAGEC, 2005 e I Encontro Latino- americano de Gestão e Economia da Construção, ELAGEC, Porto Alegre. **Anais...**Porto Alegre, 2005.

CIBORRA, C.U . Notes on improvisation and time in organizations. **Primavera Working Paper 98-14**.Universiteit van Amsterdam, Amsterdam, Holland, 1998.

CORREIA, L. Um país em obras. **Revista Mundo Corporativo**, Brasil, v. 1, n. 30, p. 11-15, out./dez. 2010.

CROSSAM, M.; SORRENTI, M. Making Sense of Improvisation. In: WALSH, J. P., HUFF, A. S. **Advances in Strategic Management**, v.14,p.155-180. 1997.

CUNHA, J.V.; CUNHA, M.P.; KAMOCHE, K. Organizational Improvisation: What, when, how, and why. **International Journal of Management Reviews**, v.1, p.299-34,1999.

CUNHA, M.P. **Bricolage in Organizations**. Instituto Nova Fórum. Universidade Nova de Lisboa, Portugal, 2004.

CUNHA, M.P.; REGO, A. Complexity* Simplicity* Simplexity. FEUL Working Paper Series, n. 534. 2008. Disponível em SSRN: <http://ssrn.com/abstract=1356703>

CUNHA, J; CUNHA, M.P. Improvisation in Organisation. In BARRY, Daved; HANSEN, Hans. **The Sage Handbook of New Approaches in Management and Organization**. Los Angeles, Califórnia: Sage, 2008.

ENSHASSI, A. Materials control and waste on building sites, **Building Research & Information**, v.24 n.1, PP.31-34.1996.

Marcus Costa Tenório Fireman (marcusctf@gmail.com). Dissertação de Mestrado. Porto Alegre: PPGEC/UFRGS,2012

FAYEC, A.R.; DISSANAYAKE, M.; CAMPERO, O. Measuring and Classifying Construction Field Rework: A pilot Study. **Research Rep.**, Construction Owners Association of Alberta (COAA), The University of Alberta, Edmonton, Al., Canada. (2003).

FLACH, L. **Improvisação e aprendizagem em cervejarias artesanais: um estudo no Brasil e na Alemanha.** Tese de Doutorado (Doutorado em Administração)- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

FORMOSO, C. T. **A Knowledge Based Framework for Planning House Building Projects.** Thesis (Ph.D)- Departament of Quantity and Building Surveying, University of Salford, Salford:, 1991.

FORMOSO, C.T.; ISATTO, E.L.; HIROTA, E.H. Method for waste control in the building industry. In: Conference of the International Group for Lean Construction, 7, 1999, Berkeley. **Proceedings...**Berkeley. 1999

FORMOSO, C.T. *et al.* **Termo de Referência para o Planejamento e Controle da Produção em Empresas Construtoras.** Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1999.

FORMOSO, C.T.; (M.ASCE), S. L.; DE CESARE, C.; ISATTO, E.L. Material Waste in Building Industry: Main Causes and Prevention. **Journal of Construction Engineering and Management.**, ASCE, v.128 n.4, pp.316-325, 2002.

FORMOSO, C.T.; SOMMER, L.; KOSKELA, L.; ISATTO, E.L. An exploratory study on the measurement and analysis of making-do in construction sites. In: Conference of the International Group for Lean Construction, 19, 2011, Lima. **Proceedings...**Peru. 2011.

HOLMSTROM, J.; KETOKIVI, M.; HAMERI, A., Bridging Practice and Theory: A Design Science Approach, **Decision Sciences**, v.40, n.1, 2009.

HOPP, W.; SPEARMAN, M. **Factory Physics: foundation of manufacturing management.** Boston: McGraw Hill, 1996.

HWANG, B.-G; THOMAS, S.R.; HAAS, C.T.; CALDAS, C.H. Measuring the Impact of Rework on Construction Cost Performance. **Journal of Construction Engineering and Management**, ASCE, v.135 n.3, pp.187-198, 2009.

ISATTO, E.; FORMOSO, C.T. Design and Production Interface in Lean Production: A Performance Improvement Criteria Proposition. In: Annual Conference of the International Group for Lean Construction, n.6, Guarujá, 1998. **Proceedings...** Guarujá: IGLC/UFRGS, 1998.

ISATTO, E. L. *et al.* **Lean Construction: Diretrizes e ferramentas para o controle de perdas na construção civil.** SEBRAE/RS, 2000.

JORGENSEN, B.; EMMIT, S. Lost in transition: the transfer of lean manufacturing to construction. **Engineering, Construction and Architectural Management**, v.15, n.4, p.383-398, 2008.

JOSEPHSON, P.-E; HAMMARLUND, Y. The cases and costs of defects in construction. A study of seven building projects, **Automation in Construction**, v.8 n.6, pp.681-742, 1999.

JOSEPHSON, P.-E.; LARSSON, B.; LI, H. Illustrative Benchmarking Rework and Rework Costs in Swedish Construction Industry, **Journal of Management in Engineering**, ASCE, v.18 n.2, 2002.

KALSAAS, B.T.; SACKS,R. Conceptualization of interdependency and coordination between construction tasks. In: Conference of the International Group for Lean Construction, 19, 2011, Lima. **Proceedings...Peru**. 2011.

KASANEN, E.; LUKKA, K.; SIITONEN, A. The constructive approach in management accounting research. *Journal of Management Accounting Research*, Sarasota, USA, v. 5, 1993.

KOSKELA,L. **Application of the new production philosophy to construction**. Technical Report n°72, Stanford, CIFE, 1992.

KOSKELA, L. **An exploration towards a production theory and its application to construction**. Espoo, Finlândia: VTT, 2000. (VTT Publication, 408).

KOSKELA, L. Making-do – The Eight Category of Waste. In: Conference of the International Group for Lean Construction, 12, 2004, Dinamarca. **Proceedings...** Dinamarca, 2004.

LAUFER, A.; TUCKER, R. L. Is Construction Planning Really doing its Job? A critical examination of focus, role and process. **Construction Management and Economics**, v.5, p. 243-266, USA, 1987.

LIKER, J.; Meier, D. **Toyota Talent: Developing Your People The Toyota Way**. New York: McGraw-Hill, 2007.

LOVE,P. Influence of Project Type and Procurement Method on Rework Costs in Building Construction Projects, **Journal of Construction Engineering Management**, ASCE, vol. 128 no 1, pp. 18-29, 2002.

LOVE, P. Auditing the indirect consequence of rework in construction: a case based approach, **Managerial Auditing Journal**, Emerald Group Publishing Limited, vol.17 no.3, pp.138-146,2002b.

LOVE, P; EDWARDS, D.J. Determinants of rework in building construction projects. **Engineering, Construction and Architectural Management**, Emerald Group Publishing Limited, vol.11 no.4, pp. 259-274, 2004.

LOVE, P.E.D.;EDWARDS,D.J.;SMITH,J.;WALKER,D.H.T. Divergence or Congruence? A Path Model of Rework for Building and Civil Engineering Projects. **Journal of Performance of Constructed Facilities**, ASCE, vol.23 n.6,pp.480-488, 2008.

LOVE, P.; IRANI,Z. A Project management quality cost information system for the construction industry, **Information & Management**, vol.40, pp 649-661. 2003.

LOVE, P.; LI, H. Quantifying the causes and costs of rework in construction. **Construction Management and Economics**, v.18 n.4, pp.479-90, 2000.

LOVE, P. ; MANDAL, P.; LI, H. Determining the causal structure of rework influences in construction. **Construction Management and Economics**, v. 17 n.4, pp.505-517, 1999.

LOVE, P.; SMITH, J. Benchmarking, Benchaction, and Benchlearnig: Rework Mitigation in Projects, **Journal of Management in Engineering**, ASCE, vol. 17 no.4, pp.505-517, 2003.

LOVE,P.; SOHAL,A.S. Capturing rework costs in projects, **Managerial Auditing Journal**, v.18 n4, pp.329-339.2003

LUKKA, K. The constructive research approach. In: **Case Study research in logistics** (edited by Ojala, L.;Hilmola,O-P.). Series B1. P.83-101. Turku: Turku School of Economics and Business Administration, 2003.

MACOMBER, H.; HOWELL,G.; REED, D. Managing Promises with the last planner system: closing in on uninterrupted flow. In: CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 13, 2005,Sydney. **Proceedings...** Sydney, 2005.

MACHADO, R.L. **O planejamento de antecipações: uma proposta de melhoria do planejamento da produção de sistemas produtivos da construção civil**. Tese de Doutorado (Doutor em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

MARCHESAN, P. **Modelo Integrado de Gestão de Custos e Controle da Produção paa Obras Civis**. 2001. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)- Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

MAROSSZEKY, M.; THOMAS, R.; KARIM, K.; DAVIS, S.; McGEORGE, D. Quality management tools for lean production: moving from enforcement to

Proposta de método de controle integrado entre produção e qualidade com mensuração de perdas por *making-do* e pacotes informais

empowerment. In: CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 10, 2002, Gramado. **Proceedings...** Gramado, 2002.

MOORMAN, C.; MINER, A.S.; Organizational improvisation and organizational memory. **Academy of Management Review**, v. 23, n.4 p.698-723, oct.1998.

MOURA, C.B. **Avaliação do impacto do sistema *Last Planner* no desempenho de empreendimentos da construção civil**. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Engenharia Civil)- Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção: além da produção em larga escala**. Bookman, Porto Alegre, 1997.

OYEWABI, L.O.; OKE, A. A.; GANIYU, B.O.; SHITTU, A. A.; ISA, R. B.; NWOKOBIA, L. The effect of project types on the occurrence of rework in expanding economy. **Journal of Civil Engineering and Construction Technology**, v.2 n.6, pp.119-124, 2011.

PARTOUCHE, R.; **A Lean Model for Construction Management of Tall Office/Commercial Buildings**. MSc, Faculty of Civil and Env. Eng, Technion- Israel Institute of Technology, 2009.

POLAT, G.; BALLARD, G. Waste in Turkish Construction: Need for Lean Construction Techniques. In: CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 12, 2004, Elsinore. **Proceedings...** Elsinore, 2004.

RECK, R.H. **Aplicação do Índice de Boas Práticas de Planejamento em Empresas Construtoras da Região Metropolitana de Porto Alegre**. 2010. Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia Civil)-Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

RIGHI, M.M. **Sistema de controle da qualidade e planejamento de curto prazo na construção civil: integração e compartilhamento de informações**. Trabalho de Conclusão de Graduação (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

RIGHI, M.M; ISATTO, E.L. **Sistema de controle da qualidade e planejamento de curto prazo na construção civil: integração e compartilhamento de informações**. VII Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção, Belém, 2011.

RODRIGUES, A.A. **O Projeto do Sistema de Produção no Contexto de Obras Complexas**. (2006). Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)- Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

RONEN, B. The complete kit concept. **International Journal of Production**. Taylor & Francis, v. 30, n.10, p.2457-2466, London, 1992.

SACKS,R.;HAREL,M. An economic game theory model of subcontractor resource allocation behavior, **Construction Management & Economics**, v.24 n.8, pp.869-881.2006.

SACKS, R.; RADOSAVLJEVIC. M; BARAK, R. Requirements for building information modeling based lean production management system for construction. **Automation in Construction**, v.5, n.19, p.641-655. 2010.

SACKS, R.; TRECKMANN, M.; ROZENFELD, O. Visualization of work flow to support lean construction, ASCE, **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 135 n.12, pp.1307-1315. 2009.

SAFFARO, F.; **Uso da Prototipagem para Gestão do Processo de Produção da Construção Civil**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Florianópolis, 2007.

SOMMERVILLE, J. Defects and rework in new build: an analysis of the phenomenon and drivers, **Structural Survey**, v.25 n.5, PP.391-407.2007.

SANTOS, D.G. **Modelo de Gestão de processos na construção civil para identificação de atividades facilitadoras**. Tese de Doutorado (Doutor em Engenharia de Produção)- Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

SCHRAMM, F.K. **O Projeto do Sistema de Produção na Gestão de Empreendimentos Habitacionais de Interesse Social**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)- Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre, 2004.

SCHRAMM, F.K. **O Projeto do Sistema de Produção na Gestão de Empreendimentos Habitacionais de Interesse Social**. Tese de Doutorado (Doutor em Engenharia Civil)- Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre, 2009.

SHINGO, S. **A study of the Toyota Production System: From an Industrial Engineering Viewpoint**. Productivity Press, Revised Edition, 1989.

SKOYLES, E.R. Material wastage- a misuse of resources.**Batiment International Building Research and practice**, vol. 4 no.4, pp.232, 1976.

SOARES, A.C. **Diretrizes para a manutenção e o aperfeiçoamento do processo de planejamento e controle da produção em empresas construtoras**. Trabalho de conclusão (Mestrado em Engenharia) – Curso de Mestrado Profissionalizante da Escola de Engenharia, UFRGS, Porto Alegre. 2003.

- SOILBELMAN, L. **As perdas de materiais na construção de edificações: sua incidência e controle.** Dissertação de Mestrado (Mestre em Engenharia Civil)- Programa de Pós- Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1993
- SOMMER, L.; **Contribuições para um Método de identificação de perdas por improvisação em canteiros de obras.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)- Núcleo Orientado Para Inovação da Edificação, Programa de Pós- Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.
- SUKSTER, R. **A integração entre o sistema de gestão da qualidade e o planejamento e controle da produção em empresas construtoras.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)-Núcleo Orientado para Inovação da Edificação, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.
- THOMPSON, J.D. Organizations in Action. **Social Science Bases of Administrative Theory.** New York: McGrawhill, (1967).
- TOMMELEIN, I.; BALLARD, G. Lookahead Planning: screening and pulling. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE LEAN CONSTRUCTION, 1997, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Instituto de Engenharia de São Paulo, 1997.
- VERA, D.; CROSSAN, M. Improvisation and innovative Performance in Teams. *Organizational Science*, v.16 n.3, pp.203-224, 2005.
- VERJANS, S. Bricolage as way of life: improvisation and irony in information systems. **European Journal of information Systems**, v.14, p. 504-506, 2005.
- VIANA, D.D.;FORMOSO, C.T.;KALSAAS, B.T. Waste in construction: A systematic literature review on empirical studies. In: CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 20, 2012, San Diego. **Proceedings...** San Diego, 2012.
- WOMACK, J.P.; JONES, D.T.; ROSS, D. **A máquina que mudou o mundo.** Rio de Janeiro: Campus, 1992.
- YIN, R. **Estudo de caso planejamento e métodos.** 3ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.
- YU, H.;TWEED,T.;AL-HUSSEIN,M.;NASSERI,R. Development of Lean Model for House Construction Using Value Stream Mapping. **Journal Of Construction Engineering And Management**, ASCE, vol. 135 no.8, pp.782-790, 2009.

ANEXO B

SERVIÇO:		EXECUÇÃO DE ALVENARIA ESTRUTURAL DE BLOCOS DE CERÂMICOS		Processamento: SGI-###	Início: ____/____/____	Término: ____/____/____
PAVIMENTO:		TORRE		EMPREENHEIRO:		
Itens de Inspeção (É preenchida uma ficha por pavimento e os locais são identificados no campo da observação)		Tolerância admissível	Eqte. Utilizada	Aprovado (O) Rejeitado (R) Aprovado após (O)	OBSERVAÇÃO DAS ÁREAS REPROVADAS	
1 - Conferência da marcação da primeira fiada		-	Visual e gabarito			
2 - Conferência aleatória da prumada dos escantilhões dos pedreiros		5 mm	Prumo de face e trena			
3 - Conferência de traspasse de vergas e contravergas		5 mm	Visual			
4 - Conferência das prumadas externas dos gabaritos de vãos de janelas		-	Prumo de face e trena			
5 - Conferência de pontos elétricos		1 BLOCO	Visual			
6 - Locação dos pontos de esperas hidráulicas		-	Gabarito			
7 - Juntas com espessura de 1,0 cm, corretamente preenchidas, tanto horizontais como verticais		3 mm	Visual e trena			
8 - Aspecto de limpeza da alvenaria		-	Visual			
9 - Aplicação do sistema Kanban		-	-			

APÊNDICE

Roteiro das entrevistas Semi-Estruturadas

Roteiro entrevistas engenheiro de planejamento empresa A/ Técnico empresa B

1. Qual o formato do planejamento de longo elaborado na empresa?

Quem participa da elaboração deste planejamento e quais decisões são tomadas durante a elaboração deste planejamento?
2. Quais informações são utilizadas para alimentar este planejamento e quem é responsável por coletá-las?
3. Qual o ciclo de avaliação do processo de planejamento e controle da produção, e quais os principais indicadores utilizados nessa avaliação?
4. Qual o horizonte de tempo dos planejamentos de médio e curto prazo?
5. Onde são elaborados esses planos, quem participa?
6. Quais informações são utilizadas para controle do planejamento de médio e curto prazo e qual o ciclo de controle?
7. Quais as principais restrições que são analisadas no plano de médio prazo?

Roteiro entrevista Diretor técnico da empresa B

1. Quais níveis hierárquicos do PCP na empresa e qual o formato de cada nível?
2. Quem participa da elaboração e controle de cada plano, e quais informações são utilizadas para controle do planejamento?
3. Com que frequência ocorre reuniões para avaliar o processo de PCP e quais os principais indicadores utilizados nessa avaliação?